

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН ПО ПРОБЛЕМАМ ГЕОЭКОЛОГИИ,
ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ГИДРОГЕОЛОГИИ
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

СЕРГЕЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ
**Инженерно-геологические
и геоэкологические проблемы
городских агломераций**

Выпуск 17

Материалы годичной сессии
Научного совета РАН по проблемам геоэкологии,
инженерной геологии и гидрогеологии
(23-24 марта 2015 г.)

Москва
Российский университет дружбы народов
2015

УДК 502/504:556.3:624.131.1:332.156(063)
ББК –021*3,2) + 20.18+65.441
С32

*Издание осуществлено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 15-05-20083)*

Редакционная коллегия:
В.И. Осипов (ответственный редактор),
О.Н. Еремина (ответственный секретарь),
Е.В. Булдакова, В.Г. Заиканов, В.П. Зверев, С.В. Козловский,
И.В. Козлякова, Н.Г. Мавлянова, Ю.А. Мамаев,
И.А. Позднякова, В.С. Путилина

С32 **Сергеевские чтения. Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы городских агломераций.** Вып. 17. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (23-24 марта 2015 г.). – Москва : РУДН, 2015. – 608 с.: ил.

ISBN 978-5-209-06317-9

В сборнике опубликованы доклады, представленные на семнадцатую ежегодную конференцию «Сергеевские чтения» памяти академика Е.М. Сергеева (г. Москва, 23-24 марта 2015 г.). Чтения были посвящены обсуждению инженерно-геологических и геоэкологических проблем городских агломераций. Доклады были сгруппированы в следующие секции: крупномасштабное инженерно-геологическое и геоэкологическое картирование как основа разработки и совершенствования Генерального плана городов; инженерно-геологические проблемы освоения подземного пространства городов; природные и природно-техногенные опасности; оценка природных рисков на урбанизированных территориях; гидрогеологические проблемы урбанизированных территорий; загрязнение и экологическая реабилитация природной среды урбанизированных и осваиваемых территорий; комплексный мониторинг природно-технических систем урбанизированных территорий; совершенствование нормативно-методической документации при инженерно-геологических изысканиях на урбанизированных территориях.

УДК 502/504:556.3:624.131.1:332.156(063)
ББК –021*3,2) + 20.18+65.441

ISBN 978-5-209-06317-9

© Научный совет РАН по проблемам геоэкологии,
инженерной геологии и гидрогеологии, 2015
© Коллектив авторов, 2015
© Российский университет дружбы народов,
Издательство, 2015



**Академик РАН
Евгений Михайлович СЕРГЕЕВ
(1914–1997)**

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящий сборник включены доклады, поступившие на ежегодную научную конференцию «Семнадцатые Сергеевские чтения», которая состоялась в Москву 23-24 марта 2015 г. «Сергеевские чтения» – это ежегодное научное мероприятие, проводимое Научным советом РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, начиная с 1999 г. в память о выдающемся советском ученом, педагоге и организаторе науки, академике Е.М. Сергееве (1914–1997). Конференция, одновременно являющаяся годичной сессией Научного совета РАН, по традиции собирается в марте, в день рождения академика Е.М. Сергеева, на базе Института геоэкологии РАН, который с 2006 г. носит имя этого заслуженного ученого. Из года в год научная тематика Сергеевских чтений отличается, затрагивая различные актуальные вопросы современной геоэкологии и инженерной геологии. За прошедшие семнадцать лет на обсуждение выносились такие темы, как: «Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы утилизации и захоронения отходов» (2005 г.); «Инженерно-экологические изыскания в строительстве: теоретические основы, методика, методы и практика» (2006 г.); «Опасные природные и техноприродные экзогенные процессы: закономерности развития, мониторинг и инженерная защита территорий» (2007 г.); «Научное обоснование актуализации нормативных документов инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий» (2010 г.), «Инженерно-геологическое и геоэкологическое обоснование технически сложных и уникальных инженерных проектов» (2011 г.), «Роль инженерной геологии и изысканий на предпроектных этапах строительного освоения территорий» (2012 г.) и другие. Уже стало доброй традицией, что один раз в пять лет (2003, 2008, 2013 гг.) академическая трибуна представляется для выступления молодым ученым. Неослабевающий с годами интерес к нашему мероприятию говорит о правильности выбранного подхода к проведению чтений и определению их тематики.

Семнадцатые «Сергеевские чтения» 2015 г. посвящены одной из актуальнейших научных тем – инженерно-геологическим и геоэкологическим проблемам городских агломераций. Беспрецедентный по своим масштабам процесс урбанизации, получивший развитие в мире со второй половины XX столетия, и затронувший все развитые страны, приводит к существенному росту городского населения, и вынуждает городские власти уплотнять застройку, использовать под градостроительство территории, ранее относимые к неудобьям: оползнеопасные, подтопленные и заболоченные участки, поймы рек, места бывших свалок и т.д. В городах с ограниченными возмож-

ностями расширения территории за счет вовлечения новых площадей быстро растет высотная застройка и широко осваивается подземное пространство. Все возрастающее интенсивное воздействие на геологическую среду городов вызывает развитие опасных процессов, увеличивающих риск возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техноприродного характера. Поэтому с развитием урбанизации перед инженерной геологией и геоэкологией возникают новые задачи в изучении геологической среды городов.

Исходя из этого, для обсуждения научным инженерно-геологическим сообществом в рамках «Семнадцатых Сергеевских чтений» были предложены следующие ключевые темы, представляющие особый интерес для специалистов, и имеющие исключительно важное значение для строительного освоения геологической среды городов:

1. Крупномасштабное инженерно-геологическое и геоэкологическое картирование как основа разработки и совершенствования Генплана городов.

2. Инженерно-геологические проблемы освоения подземного пространства городов.

3. Природные и природно-техногенные опасности; оценка природных рисков на урбанизированных территориях.

4. Гидрогеологические проблемы урбанизированных территорий.

5. Загрязнение и экологическая реабилитация природной среды урбанизированных и осваиваемых территорий.

6. Комплексный мониторинг природно-технических систем урбанизированных территорий.

7. Совершенствование нормативно-методической документации при инженерно-геологических изысканиях на урбанизированных территориях.

В рамках сформулированных тем в адрес оргкомитета конференции поступило 130 докладов из 35 городов России и других стран. Приятно отметить, что «Сергеевские чтения» заслужили авторитет не только у ученых нашей страны, но и других государств бывшего СССР. Так, на конференцию 2015 года поступило 9 докладов из Белоруссии, 2 доклада с Украины, по 1 докладу из Киргизии, Узбекистана, Грузии, Индии и Китая. После рецензирования в настоящий сборник вошло 123 доклада, содержащие оригинальные, ранее не опубликованные материалы собственных исследований авторов. Тексты всех сообщений приводятся в авторской редакции. Наиболее интересные из опубликованных в сборнике докладов были вынесены на устную сессию «Сергеевских чтений». Оргкомитет выражает надежду, что публикации, вошедшие в сборник «Семнадцатые Сергеевские чтения» будут полезны специалистам и внесут достойный вклад в дальнейшее развитие нашей науки.

*Председатель оргкомитета
конференции «Сергеевские чтения», академик*

В.И. Осипов

*Ответственный секретарь оргкомитета
Кандидат геолого-минералогических наук*

О.Н. Ерёмкина

1. КРУПНОМАСШТАБНОЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА РАЗРАБОТКИ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА ГОРОДОВ

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ КРИТЕРИЙ ВЫДЕЛЕНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОКОН

Г.И. Батрак, И.А. Позднякова, А.Л. Дорожко

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН,
101000, Москва, Уланский пер. д.13, стр.2. E-mail: gib74@mail.ru

Гидрогеологические окна с гидродинамических позиций являются фильтрационными окнами – т.е. участками повышенной проницаемости разделяющих водоносные горизонты слабопроницаемых отложений. В фильтрационных окнах увеличивается интенсивность перетекания подземных вод через слабопроницаемые отложения из одного горизонта в другой за счет увеличения их проницаемости. Результатом увеличения перетекания может быть деформация урвенной поверхности подземных вод на участке окна в обоих горизонтах.

На территории Москвы в результате сформировавшейся гидродинамической ситуации перетекание подземных вод из надъяюрского водоносного горизонта в подольско-мячковский через толщу слабопроницаемых келловей-оксфордских и верхнекаменноугольных глин происходит повсеместно. В таких условиях деформация урвенной поверхности подземных вод надъяюрского водоносного горизонта на участках окон может проявляться в формировании некоторой депрессии относительно соседних участков. В подольско-мячковском водоносном горизонте на участке окна может сформироваться некоторое поднятие урвенной поверхности или купол. Разность напоров подземных вод надъяюрского и подольско-мячковского горизонтов в гидрогеологическом окне может быть существенно меньше, чем на соседних участках, в результате тесной гидравлической связи горизонтов на этом участке. Эти признаки могут быть использованы при выявлении гидрогеологических

окон по гидродинамическим критериям. В реальных условиях города на урвненную поверхность надъюрского и каменноугольных водоносных горизонтов оказывает влияние водоотлив из метро, работа водозаборов подземных вод, утечки из коммуникаций и многое другое. Это усложняет интерпретацию урвненной поверхности и требует комплексирования с другими методами выделения гидрогеологических окон, например, со структурно-тектоническим и гидрогеохимическим.

Интенсивность перетекания через слабопроницаемые отложения зависит от мощности, коэффициента фильтрации и разности напоров водоносных горизонтов. Чем выше проницаемость и меньше мощность разделяющих слоев, тем больше интенсивность перетекания, тем вероятнее наличие окна в слабопроницаемых отложениях. Таким образом, для того, чтобы отличить деформации урвненной поверхности, сформировавшиеся в результате техногенных факторов, от деформации в месте гидрогеологического окна в результате интенсивного перетекания необходимо опираться на геологическое строение, изменение мощности и проницаемости слабопроницаемых отложений.

Для выявления гидрогеологических окон были использованы два метода – выявление купола растекания в подольско-мячковском водоносном горизонте под зоной интенсивного перетекания и выявление зон пониженной разности напоров подземных вод в надъюрском и подольско-мячковском горизонтах.

При анализе урвненной поверхности подольско-мячковского горизонта были выявлены купола растекания под потенциальными гидрогеологическими окнами, выделенными по тектоническим признакам. Влияние интенсивного перетекания на величину подъема уровня в подольско-мячковском горизонте на участке гидрогеологического окна определяется соотношением проводимости надъюрского и подольско-мячковского горизонтов. Проводимость подольско-мячковского горизонта, как правило, существенно больше, величина подъема уровня незначительна, и ее трудно зафиксировать. Тем не менее, есть участки, где она четко фиксируется.

Выявление зон пониженной разности напоров подземных вод в надъюрском и подольско-мячковском горизонтах используется для фильтрационных окон, выявленных методами картирования геологического строения и гидрогеологических условий (гидрогеологические окна I-го порядка). На участке гидрогеологического окна I-го порядка в четвертичных и каменноугольных отложениях формируется единый водоносный горизонт с общей урвненной поверхностью. Постепенное сокращение разности напоров подземных вод в надъюрском и подольско-мячковском водоносных горизонтах на территории, окружающей со всех сторон фильтрационное окно, может свидетельствовать о близости к окну. Для использования этого метода необходимо минимизировать влияние локального дренажа и водоотбора подземных вод.

Предложенные методы выявления гидрогеологических окон по гидродинамическим критериям имеют недостатки и ограничения в применении. Несоответствие изменчивости геологического строения и гидрогеологиче-

ских условий плотности размещения изыскательских скважин может не позволить определить локальные деформации поверхности водоносного горизонта. Данными бурения напрямую выявлены далеко не все гидрогеологические окна. Разновременность бурения скважин, недоучет сезонных и многолетних колебаний уровней подземных вод вносят определенный хаос в распределение напоров, в то время, как уровни подземных вод в местах распространения куполов растекания могут лишь незначительно превышать уровни на окружающей территории. Отсутствие учета факторов урбанизации, влекущих изменение, как существовавших условий залегания подземных вод, так и факторов их формирования. В первую очередь, это дренажи в надъюрском горизонте и водоотбор из каменноугольных горизонтов. Планировка рельефа, разное качество бурения и геологического описания выработок. Трудно фиксировать купол растекания, если уровень подземных вод интенсивно падает на большой территории (имеет место значительный градиент потока). Это можно сделать только по неравномерности падения уровня, для чего нужна частая наблюдательная сеть.

Тем не менее, важно отметить тот факт, что высокая корреляция между выявленными зонами интенсивного перетекания и фильтрационными окнами демонстрирует, что для условий г. Москвы методы являются значимыми и обладают удовлетворительной точностью.

Анализ гидродинамической ситуации показал, что на территории Москвы гидрогеологические окна выделяются очень четко (рис. 1). Они проявляются при анализе геологического строения территории, при применении гидродинамических критериев. Отличительной особенностью является очень четкое совпадение границ потенциальных фильтрационных окон, выделенных по гидродинамическим критериям, с границами, выделенными по тектоническому признаку. Второй характерной особенностью является то, что размер зоны явного перетекания подземных вод вниз в подольско-мячковский горизонт многократно превосходит размер зоны полного размыва юрских глин.

Москворецкая геодинамически активная зона вдоль р. Москвы практически полностью с высокой точностью отражается в разностях напоров надъюрского и подольско-мячковского горизонтов.

Помимо полного размыва, есть еще и области существенного сокращения мощности пород. Подверженные экзогенному воздействию юрские глины сниженной мощности могут обладать значительными нарушениями структурных связей, что ведет к увеличению их проницаемости. В сочетании с малой мощностью такие области начинают играть значительную роль в перетекании между водоносными горизонтами и являются настоящими фильтрационными окнами.

Таким образом, перетекание подземных вод из надъюрского водоносного горизонта в нижележащие каменноугольные и, главное, в подольско-мячковский можно считать доказанным на основе большого фактического материала. Участками наиболее доказанного перетекания повышенной ин-

тенсивности для данной территории следует считать участки распространения куполов растекания в подольско-мячковском водоносном горизонте.



Рис. 1. Напоры подземных вод в Подольско-Мячковском водоносном горизонте с указанием фильтрационных окон, выделенных по гидродинамическим критериям

Выводы

1. Гидродинамические критерии выделения фильтрационных окон подтвердили свою эффективность несмотря на техногенные нарушения в структуре потоков подземных вод, а также пространственно-временную неравномерность и разное качество исходной информации. В качестве тестовых участков для отработки метода использовались территории, где наличие фильтрационного окна было фактически зафиксировано бурением.

2. Большинство куполов растекания имеет значительные по площади размеры, но незначительные превышения над окружающей территорией. При наличии зон особо высокой проницаемости по сравнению с окружающей территорией фиксируется наличие куполов растекания второго порядка, т.е. купол небольшой площади, расположен поверх большого купола.

3. Тектонические условия являются хорошим индикатором наличия фильтрационных окон, не выявленных прямым методом. Причем наблюдается закономерность – чем больше тектоническая структура, тем выше вероятность наличия фильтрационного окна.

4. При наличии на ограниченной территории сети фильтрационных окон, купол растекания может сформироваться единым, охватывающим всю территорию.

5. Применение гидродинамических критериев наличия фильтрационных окон на территории Москвы позволило зафиксировать значительные по площади участки весьма интенсивного перетекания из надюрского водоносного горизонта в каменноугольные, в том числе, и на участках, где юрские глины не полностью размыты, но их фильтрационные свойства, по всей видимости, претерпели изменения в сторону увеличения. Это позволяет пересмотреть представления о юрских глинах, как о «надежном региональном водоупоре».

КРУПНОМАСШТАБНОЕ КАРТИРОВАНИЕ СТРУКТУРНО-ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ГОРОДА ДЛЯ ПРИНЯТИЯ ПРОЕКТНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ

С.В. Григорьева, В.М. Макеев, И.В. Коробова

Институт геоэкологии им. Е.М.Сергеева РАН
101000 Москва, Уланский пер., д.13, стр.2, E-mail: v_vel@mail.ru

Крупномасштабное картирование структурно-геодинамических условий в основном продиктовано требованиями инженерного освоения территорий. Для обоснования и оценки устойчивости природных компонентов подлежащих освоению участков города помимо сведений о геолого-геоморфо-

логических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий требуются данные о структурной позиции этих районов. Эти данные позволяют наметить участки повышенной проницаемости, изменения свойств пород, распределения и активности экзогенных процессов, интенсивного водообмена и возможной миграции компонентов техногенного загрязнения поверхностных и подземных вод, а также участки возможных последующих деформаций инженерных сооружений. В конечном счёте, составление таких карт необходимо для выявления структурно-геодинамических параметров геологической среды, которые могут влиять на безопасность населения и устойчивость инженерных сооружений.

Специализированные исследования структурно-геодинамических условий мегаполисов проводятся в ИГЭ РАН на протяжении более 20 лет. На примере г. Москвы в сложных условиях городской агломерации ведется отработка методики выявления и крупномасштабного картирования тектонических зон, оценка их современной активности и влияния их на экологию, природные и техногенно измененные инженерно-геологические условия города. На территорию Москвы в ее старых границах под руководством В.И. Макарова и основного исполнителя В.И. Бабака в соответствии с программой «Наука – Москве» в 1993-1995 гг. составлена карта геопатогенных зон территории г. Москвы масштаба 1:50 000 [9]. В 1999-2003 гг. в рамках программы «Безопасность Москвы» по проекту «Оценка влияния геологических аномалий на геопатогенность отдельных территорий центральной части Москвы» составлены структурно-геоморфологические карты центральной части города в масштабе 1:10 000 [1-4]. Позднее (2007-2009 гг.) на территорию Москвы в комплекте крупномасштабных карт инженерно-геологического содержания авторами под руководством В.И. Макарова составлена структурно-геодинамическая карта масштаба 1:25 000 [5-7], где были полностью учтены результаты ранее проведенных крупномасштабных структурно-геодинамических исследований на территории мегаполиса.

Основные задачи структурно-геодинамических исследований – картирование выраженных в рельефе структурных форм (морфоструктур), активных на новейшем и современном этапах развития; выявление унаследованных структурных форм от погребенных элементов рельефа и глубинных структур; линеаментный разноранговый и разномасштабный анализ территорий; выявление геологических аномалий разного рода, связанных с линеаменентами, и оценка их взаимосвязи с активизацией экзогенных геологических процессов (карста, суффозии, просадок, пльвунов, оползней и др.); оценка влияния геологических аномалий на геопатогенность отдельных территорий г. Москвы; выявление характера взаимосвязи аномалий выделения радона почвенного воздуха с геодинамической активностью территории, геологическим строением и рельефом местности.

Для освещения этих вопросов в качестве примера рассматривается западная территория Москвы в пределах западного и частично северо-западного административных округов города, где при образовании новой территории Москвы к отдельным муниципальным районам были присоеди-

нены участки Московской области (рисунок). В пределы Можайского муниципального района западного административного округа присоединена территория инновационного центра Сколково, в пределы района Кунцево вошли расширенная территория пос.Рублево и Мякинино.

В целях выявления динамически неустойчивых тектонических зон авторами проведен анализ структурного рисунка линеаментов разного порядка и геоморфологических закономерностей для установления парагенетических проявлений деформаций земной поверхности и обоснования границ новейших тектонических структур.

Рассматриваемая западная территория Москвы расположена в пределах двух региональных новейших тектонических структур (структурных блоков I порядка) – Нарофоминского поднятия (Анф) и Московско-Клязьминского понижения (Бмк). К границам блоков приурочены протяженные зоны сгущения рельефообразующих однонаправленных субпараллельных_сопряженных структурных линий (линеаментов), которые представляют собой цепочки спрямленных элементов рельефа разного вида (уступы, подножья и перегибы склонов, эрозионные врезы, участки с разной расчлененностью, гипсометрией). Зоны структурных линий определяют направление речных долин, с ними связаны депрессии рельефа и участки относительных опусканий. Им присуща повышенная трещиноватость, раздробленность и разуплотненность горных пород, локальные проявления карста, флюидо- и газопроницаемость пород, повышенная плотность потока радона, наличие эрозионных окон, интенсивный обмен поверхностных и напорных вод и др. Для этих зон характерны аномалии разного типа: структурные, гидрогеологические, газо- и флюидопроводимости, теплового потока, геохимических и геофизических полей и др. Повышенная проницаемость пород в указанных зонах поддерживается периодической разрядкой тектонических и ротационных напряжений. Зоны структурных линий на всех составленных в ИГЭ РАН крупномасштабных картах Москвы (структурно геодинамических или структурно-геоморфологических) названы как геопатогенные.

Зона раздела Нарофоминского поднятия и Московско-Клязьминского понижения (региональная зона субпараллельных структурных линий) имеет северо-западное простирание и является продолжением Рязано-Саратовского тектонического шва, выделенного на мелко- и среднемасштабных картах неотектоники. *Наро-Фоминское поднятие* в пределах западного округа столицы включает структурные блоки II порядка – Кунцевское поднятие (К), Сетуньскую структурно-эрозионную ложбину (С) и западный склон Теплостанского поднятия. *Московско-Клязьминское структурное понижение* представлено здесь относительно пониженной террасированной Москворецкой депрессией (МР), к которой приурочены современные и древние погребенные долины. С севера к ней примыкает Рублевско-Верхнеяузская депрессионная зона. Указанные структуры резко отличаются по своей морфологии и рисунку новейших деформаций, проявленных в особенностях земной поверхности и погребенного рельефа кровли коренных (дочетвертичных) отложений. В пределах относительно приподнятых и опущенных новейших структур устанавли-

ваются различия напряженного состояния приповерхностной части геологической среды, что говорит о локальном характере поля напряжений (рис.).

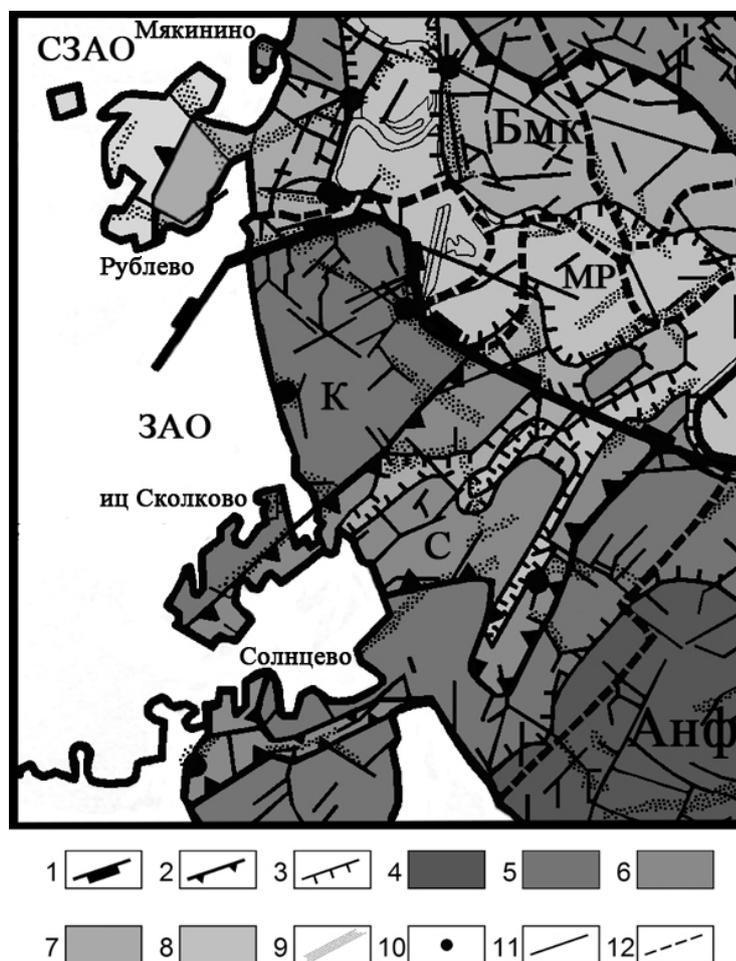


Рис. Фрагмент структурно-геодинамической карты Москвы (западная территория города)

Условные обозначения: *I* – Новейшие тектонические структуры, образующие основные формы рельефа (*I-8*):
I – структурные блоки I порядка: Нарофоминское поднятие (*Анф*), Московско-Клязьминское понижение (*БМК*); *2* – структурные блоки II порядка; *3* – структурные блоки III порядка.
 Поднятия: *4* – более 200 м, *5* – 180-200 м, *6* – 160-180 м; понижения: *7* – 140-160 м, *8* – 120-140 м;
II – Парагенетические ассоциации линейных элементов рельефа (*9-11*):
9 – геопатогенные зоны, *10* – «узлы» пересечения геопатогенных зон, *11* – линеаменты, *12* – границы административных округов Москвы

В пределах Кунцевского поднятия преобладает северо-восточное простирание основных элементов его структуры. Элементы других направлений (северо-западные, меридиональные, широтные) указывают на возможный сводовый характер поднятия. Здесь очень четко выражена Северо-Крылатская зона, в пределах которой зафиксирована повышенная раздробленность горных пород карбона и повышенная газопроницаемость, подтвержденная данными геофизики. В пределах Сетуньской структурно-эрозионной ложбины и Теплостанского поднятия также превалирует северо-восточное простирание новейших линейных и площадных структур. Субмеридиональные тектонические зоны испытывают растяжение, широтные – сжатие, диагональные – находятся в режиме сдвиговых напряжений и по своему происхождению взаимосвязаны как с крупными элементами планетарной трещиноватости, так и с тектоническими зонами аномального напряженного состояния.

В пределах Рублевско–Верхнеязуской депрессионной зоны общего восток-северо-восточного простирания активно проявлены геопатогенные зоны повышенной трещиноватости северо-западного простирания (они четко выражены в рельефе). Москворецкая депрессионная зона имеет существенно иное северо-западное простирание и более сложное внутреннее строение. К северу от Крылатского эти две депрессионные зоны сочленяются, образуя крупный тектонический «узел», для которого характерна наиболее сильная раздробленность пород по всему разрезу карбона. Особенно масштабные проявления погребенного карста характерны для районов пересечения Рублевско-Верхнеязуского и Москворецкого прогибов (район Строгино), а также вдоль обрамляющих их систем геопатогенных зон (район Хорошево-Мневники). Наиболее опасными участками следует считать области, испытывающие периодическое воздействие разрядки тектонических напряжений повышенной интенсивности в «узлах» пересечения геопатогенных зон разных простираний и кинематических типов. Именно на этих участках наблюдается усиленный водообмен (гидравлическая связь) поверхностных и подземных водотоков, с возможной активизацией карстово-суффозионных процессов и возникающими на этом фоне опасными ситуациями. Крупные тектонические «узлы» зафиксированы авторами и отражены на карте на территориях муниципальных районов Строгино, Щукино, Хорошево-Мневники, Филевский парк, Можайский, Раменки, Ново-Переделкино.

Специализированные крупномасштабные структурно-геодинамические исследования мегаполисов позволяют выделить аномальные участки напряженного состояния геологической среды, дать оценку структурному рисунку новейших деформаций, структурно-геодинамической и инженерно-геологической позиции инженерных сооружений для определения степени геологической опасности и патогенеза геодинамически активных тектонических структур. Выявление активных тектонических структур на территории г. Москвы и оценка роли геодинамически активных (геопатогенных) зон проводится для создания основ градостроительного планирования и обоснования изыскательских и строительных работ.

Для принятия проектно-планировочных решений результаты крупномасштабных структурно-геодинамических исследований с оценкой степени геодинамической активности осваиваемых участков города необходимо учитывать еще на предпроектных этапах инженерно-геологических изысканий на стадии технико-экономической основы (ТЭО) генплана.

Литература

1. *Бабак В.И., Григорьева С.В., Котов Ф.С., Макаров В.И.* Геодинамически активные зоны г. Москвы (участок Лефортово). // «Сергеевские чтения». Вып. 3. М.: ГЕОС, 2001. С. 201-205.
2. *Бабак В.И., Григорьева С.В., Макаров В.И.* Влияние геодинамически активных зон на экологию центральной части г.Москвы. // «Сергеевские чтения». Вып. 4. М.: ГЕОС, 2002. С. 183-186.
3. *Григорьева С.В., Бабак В.И., Макаров В.И.* Оценка геодинамических опасностей городских территорий (на примере Москвы). // Оценка и управление природными рисками. Матер. Междунар. науч.-практич. конф. «ГЕОРИСК-2009». Т.1. М.: РУДН, 2009. С. 162-167.
4. *Григорьева С.В., Макаров В.И.* Крупномасштабное картографирование новейшей тектоники платформенных территорий (на примере Москвы). // Геозкология. 2010, № 2. С. 99-114.
5. *Григорьева С.В., Макеев В.М., Коробова И.В.* Оценка геодинамических опасностей территорий на предпроектных этапах строительного освоения. // «Сергеевские чтения». Вып. 14. М.: РУДН, 2012. С. 18-22.
6. *Григорьева С.В., Макеев В.М., Коробова И.В., Крылова В.С.* Структурно-геодинамические условия Москвы. //«Разведка и охрана недр». 2014, №1. М. С. 64-70.
7. *Коробова И.В., Григорьева С.В., Макеев В.М.* Структурно-геодинамические условия – один из главных факторов стабильности территории освоения (на примере Москвы). //«Сергеевские чтения». Вып.15. М.: РУДН, 2013. С. 255-259.
8. *Макаров В.И., Григорьева С.В.* Оценка структурно-геодинамических условий территории освоения – необходимая составляющая при инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканиях. // «Сергеевские чтения». Вып.12. М.: РУДН, 2010. С. 56-61.
9. Москва. Геология и город. // Под ред. В.И.Осипова и О.П.Медведева. М.: Московские учебники и картография, 1997. С. 38-125.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ г. ЕКАТЕРИНБУРГА КАК ОСНОВА РАЗРАБОТКИ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА РАЗВИТИЯ ГОРОДА

О.Н. Грязнов¹, А.Н. Гуляев², И.А. Савинцев¹, С.А. Черкасов³

¹ ВГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет.
620144. Екатеринбург, ГСП, ул. Куйбышева, 30;

² Институт геофизики УрО РАН; ³ ООО «ПРО-Изыскания»

Инженерно-геологические условия территорий (ИГУ), по В.Д. Ломтадзе [8], это геологические условия, «определяющие планирование, размещение и выбор районов и мест расположения различных сооружений, их проектирование, строительство, устойчивость и эксплуатацию, а также другие виды хозяйственного использования территорий». В свою очередь ИГУ определяются взаимодействием региональных геологических, зональных и техногенных факторов [10, 15]. Рассмотрим основные факторы, определяющие ИГУ города.

Геологическое строение. Территория города располагается в пределах юго-западного окончания Свердловского синклинория, граничащего на западе с Верхисетско-Верхотурским мегантиклинорием. Их граница фиксируется Верх-Исетским разломом, входящим в систему регионального Серовско-Маукского разлома. Южная часть площади размещается на северном замыкании Сысертско-Ильменогорского мегантиклинория. Восточная граница Свердловского синклинория с Мурзинско-Адуйским антиклинорием Сосьвинско-Коневского мегантиклинория расположена восточнее рассматриваемой территории. Названные структуры III-II порядка представляют среднюю часть Восточно-Уральского инженерно-геологического региона.

Наиболее древними комплексами стратифицированных горных пород являются основные эффузивы, их брекчии и туфы, метаморфические породы нейвинской свиты O_3 , разнообразные сланцы с участием метаморфизованных основных эффузивов невянской свиты ландоверийского яруса S_1 и базальтоиды Кировградской свиты венлокского яруса S_1 . Более молодыми стратифицированными образованиями являются диабазы, диабазовые порфириты, их туфы, туффиты, туфопесчаники с прослоями известняков D_{2-3} . Широким распространением пользуются интрузивные горные породы. Они представлены дунит-пироксенитовой ассоциацией Уктусского массива (D_{2-3}), гипербазитами (серпентинитами), апогипербазитовыми тальк-карбонатными породами (D_{2-3}), габбро Балтымского массива (D_{2-3}), гранитоидами Верх-Исетского (C_{1-3}), Шарташского (C_{1-3}) и других массивов, а также серией даек и малых тел гранитоидов (C_{2-3}). Тектоническая позиция территории города обусловила широкое развитие разномасштабных разрывных нарушений, представленных системами субмеридиональных, диагональных и близширотных разломов.

Мезозойские коры выветривания и четвертичные образования (делювиальные, аллювиальные, озерно-болотные) формируют чехол покровных отложений, перекрывающих коренные горные породы на всей территории города. Лишь на возвышенных участках элювиальных ландшафтов на поверхности обнажаются, как правило, интрузивные горные породы.

Региональный метаморфизм представлен образованиями 4 геологических типов: региональных зеленокаменного и зеленосланцевого, дислокационного и контактового. Региональный зеленокаменный метаморфизм зеленосланцевой фации проявился в вулканогенных горных породах и гипербазилах. Он выразился в зеленокаменном изменении (актинолитизации, эпидотизации, хлоритизации) эффузивов и их туфов, серпентинизации гипербазитов, их отальковании и карбонатизации. Региональным зеленосланцевым метаморфизмом фации зеленых сланцев вулканогенные горные породы преобразованы в эпидот-актинолит-хлоритовые сланцы, а терригенные породы – в альбит-хлорит-серицитовые, хлорит-серицит-кварцевые сланцы. Дислокационный метаморфизм фации зеленых сланцев обусловил образование в зонах разломов хлоритовых, хлорит-серицитовых, кварц-серицитовых сланцев.

Таблица 1

Плотность и предел прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии горных пород коренной основы г. Екатеринбурга

Горные породы	ρ , г/см ³			R_c вод., МПа		
	$\frac{X_{мин}-X_{макс}}{X_{ср}}$	n	V	$\frac{X_{мин}-X_{макс}}{X_{ср}}$	n	V
Граниты малопрочные	$\frac{2,52-2,70}{2,60}$	16	0,02	$\frac{5,3-19,8}{10,8}$	70	0,25
Граниты прочные и очень прочные	$\frac{2,53-2,77}{2,67}$	21	0,03	$\frac{50,4-124,2}{71,9}$	96	0,23
Габбро малопрочные	$\frac{2,68-3,72}{2,87}$	19	0,08	$\frac{5,5-14,7}{8,6}$	115	0,23
Габбро прочные и очень прочные	$\frac{2,89-2,92}{2,90}$	3	0,00	$\frac{37,8-106,8}{69,8}$	53	0,26
Серпентинит малопрочный	$\frac{2,32-2,44}{2,40}$	11	0,01	$\frac{6,1-14,2}{9,9}$	45	0,10
Серпентинит прочный	$\frac{2,57-2,75}{2,67}$	24	0,03	$\frac{50,4-86,3}{66,7}$	16	0,27
Порфириты малопрочные	$\frac{1,75-2,84}{2,55}$	22	0,11	$\frac{5-13,7}{6,0}$	55	0,27
Порфириты прочные и очень прочные	$\frac{2,69-3,01}{2,88}$	10	0,04	$\frac{51,6-157,9}{98,2}$	26	0,30
Сланцы малопрочные	$\frac{2,53-2,84}{2,70}$	6	0,05	$\frac{5,1-12,7}{7,7}$	24	0,23
Сланцы прочные и очень прочные	$\frac{2,70-2,89}{2,82}$	6	0,03	$\frac{52,6-90,9}{70,7}$	13	0,21

Примечание: ρ – плотность пород, R_c вод., – предел прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии; n – количество определений; V – коэффициент вариации.

В экзоконтактах Верх-Исетского и Шарташского гранитных массивов вмещающие горные породы метаморфизованы в условиях амфибол-роговиковой и амфибол-эпидот-роговиковой фаций до образования биотитовых, мусковитовых, амфиболовых, полевошпатовых роговиков.

Вещественные инженерно-геологические комплексы в нашем понимании – массивы горных пород коренной основы и перекрывающие их покровные отложения различных генетических типов со свойственными им инженерно-геологическими характеристиками: составом, структурой, текстурой и свойствами [2].

На территории г. Екатеринбурга горные породы коренной основы представлены разнообразными сланцами, базальтовыми, андезибазальтовыми порфиритами и их туфами, гранитами, габбро и гипербазитами. Физико-механические свойства коренных пород отражены в табл. 1.

Ведущая роль среди покровных образований принадлежит корам химического выветривания. Первая сводная характеристика элювиальных грунтов приведена в кандидатской диссертации Л.И. Подкорытовой в 1984 г. [9]. Ею выделены 3 морфологических типа кор выветривания: площадной, трещинно-площадной и контактово-площадной. В разрезе коры выветривания гидрослюдисто-монтмориллонитового профиля обособлены трещинная, обломочная и дисперсная зоны, разделенные, в свою очередь, на горизонты. Наиболее мощные коры сформировались на сланцах невянской свиты с дисперсной зоной 10-18 м и эффузивах кировградской свиты с дисперсной зоной мощностью от 1-15 м до 50 м. На габбро Балтымского массива кора выветривания неполного профиля имеет меньшую мощность при дисперсной зоне 3-8 м супесчаного и суглинистого состава. На гранитах Верх-Исетского и Шарташского массивов кора выветривания сложена в основном обломочным материалом при мощности дресвяного горизонта до 40 м и дисперсной зоне 0-5 м супесчаного состава.

30-летние активные инженерно-геологические изыскания в г. Екатеринбурге подтвердили основные закономерности строения и состава кор выветривания, установленные Л.И. Подкорытовой. Физико-механические свойства малопрочных грунтов зоны экзогенной трещиноватости коры выветривания горных пород коренной основы приведены в табл. 1. С позиций благоприятности ИГУ строительства наилучшие условия свойственны скальным породам, не нарушенным разломными дислокациями. На площадях развития кор выветривания наиболее благоприятными являются элювиальные образования на гранитах, а наименее благоприятными – элювиальные грунты на сланцах невянской свиты и порфиритах кировградской свиты.

Природные и техноприродные геологические процессы – важный компонент ИГУ г. Екатеринбурга. Остановимся на главных, определяющих условиях современного высотного и подземного строительства. К ним относятся: из природных – сейсмические процессы и выветривание, из техноприродных – гидролитогенные, субтерральные процессы, антропогенный литогенез.

Сейсмические процессы. Уральский складчатый пояс на современном этапе характеризуется редко происходящими ощутимыми землетрясениями

силой от 3-4 до 5-6 баллов по шкале MSK-64, большая часть эпицентров которых локализована в пределах Среднего Урала и прилегающих к нему частей Северного и Южного Урала [1, 11]. Екатеринбург располагается в пределах Средне-Уральской области редко происходящих ощутимых землетрясений, названной в работе [5] Средне-Уральским сейсмодоменом и охватывающей пограничную зону Камско-Башкирского мегасвода Восточно-Европейской платформы (ВЕП) и субмеридионального вендско-герцинского Уральского горно-складчатого пояса.

За период 1788-2014 гг. в пределах Средне-Уральского сейсмодомена было отмечено 43 ощутимых землетрясения силой от 3-4 до 5,0-5,5 баллов по шкале MSK-64 в эпицентрах [1, 11]. Из них лишь одно природное событие – Билимбаевское землетрясение 17.08.1914 г., имело в эпицентре силу в 6 баллов. Магнитуда этого события по результатам инструментальных наблюдений оценивается в 4,5-5,0 баллов. Очаги большей части ощутимых землетрясений Среднего Урала локализованы предположительно в породах дорифейского кристаллического фундамента на глубинах от первых километров до 25 км.

На территории Екатеринбурга, согласно [5], ощутимые сейсмические сотрясения за период продолжительностью 225 лет отмечались три раза: 23.05.1798 силой 3-4 балла, 10.07.1892 г. силой в 3 балла, 17.08.1914 силой порядка 4-5 баллов по шкале MSK-64.

До 1997 г. Средний Урал относился к регионам, где при проектировании инженерных сооружений сила возможного сейсмического воздействия не учитывалась. В 1997 г. по результатам Общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-97 [7, 12] Средний Урал и прилегающие к нему части Южного и Северного Урала были отнесены к районам, где при проектировании и строительстве инженерных сооружений необходимо учитывать сейсмичность – величину расчетной силы сейсмического воздействия. Согласно результатам ОСР-97 и результатам районирования центральной части Уральского региона по величине расчетной силы сейсмического воздействия [4] Екатеринбург располагается в восточной части потенциально сейсмичной области. Поэтому актуальной стала задача сейсмического районирования территории города и районов его перспективной застройки.

В 2007 г. было выполнено схематическое районирование территории Екатеринбурга по величине расчетной силы сейсмического воздействия на инженерные сооружения с использованием собранных и обобщенных данных инженерно-геологических изысканий, проведенных на территории города различными организациями (рис. 1) [3].

Выветривание – многофакторный процесс, активно протекающий повсеместно на территории г. Екатеринбурга. Проявляется как процесс физического и химического выветривания. Дезинтеграция горных пород и минеральные замещения являются основой образования рыхлых отложений всех генетических типов. На горно-складчатом Урале коры химического выветривания, согласно А.П. Сигову и Л.А. Гузовскому [6], формировались в три тектоно-климатических этапа: ранний нижнемезозойский (Т-J₁), верхнемезо-

зойский – палеогенный (средняя юра – нижний олигоцен (J_2 - O_1) и верхнепалеогеновый (средний – верхний олигоцен, O_3^{2-3}). Плиоцен-четвертичный (N_2 - Q_3) этап отличается повсеместным проявлением физического выветривания. При эрозионном вскрытии кор химического выветривания происходило наложение более поздних процессов. В этой связи коры выветривания на современном эрозионном срезе, по сути, представляют собой полигенетические образования [2].



Рис. 1. Схематическая карта сейсмического районирования Екатеринбурга
(Сост. Гуляев А.Н., Институт геофизики УрО РАН, 2007 г.)

Светло-серым (белым) цветом показаны участки преимущественного развития грунтов **первой категории** по сейсмическим свойствам по классификации СНиП II -7-81*. В пределах них величина расчетной силы сейсмического воздействия оценивается:

а) на **объекты основного строительства** в плане сейсмобезопасности в **4 балла** по шкале MSK-64 с пиковыми ускорениями движения грунта в **13 см/с²** по шкале MSK-64 и по шкале SHA -97;

б) на **объекты повышенной ответственности** в плане сейсмобезопасности в **5 баллов** по шкале MSK-64 с пиковыми ускорениями движения грунта в **25 см/с²** по шкале MSK-64 и **28 см/с²** по шкале SHA -97;

в) на **особо ответственные объекты** в плане сейсмобезопасности в **7 баллов** по шкале MSK-64 с пиковыми ускорениями движения грунта в **100 см/с²** по шкале MSK-64 и **129 см/с²** по шкале SHA -97;

Темно-серым цветом показаны участки преимущественного развития грунтов **второй категории** по сейсмическим свойствам по классификации СНиП II -7-81*. В пределах них величина расчетной силы сейсмического воздействия оценивается:

а) на **объекты основного строительства** в плане сейсмобезопасности в **5 баллов** по шкале MSK-64 с пиковыми ускорениями движения грунта в **25 см/с²** по шкале MSK-64 и **28 см/с²** по шкале SHA -97;

б) на **объекты повышенной ответственности** в плане сейсмобезопасности в **6 баллов** по шкале MSK-64 с пиковыми ускорениями движения грунта в **50 см/с²** по шкале MSK-64 и **60 см/с²** по шкале SHA -97;

в) на **особо ответственные объекты** в плане сейсмобезопасности в **8 баллов** по шкале MSK-64 с пиковыми ускорениями движения грунта в **200 см/с²** по шкале MSK-64 и **277 см/с²** по шкале SHA -97;

Черные тонкие линии – оси предполагаемых реликтовых зон деформации верхней части земной коры по результатам морфоструктурного анализа рельефа земной поверхности. Линии с разнонаправленными стрелками- оси предполагаемых зон относительного субгоризонтального растяжения. Линии с зубчиками-оси предполагаемых флексурно-разрывных зон. Зубцы направлены в сторону погруженного блока.

Контуры с горизонтальной штриховкой – предполагаемые зоны геодинамического влияния разломов.

Гидролитогенные процессы связаны с понижением – повышением уровня подземных вод (УПВ). Понижение УПВ и образование воронок депрессии при дренажных работах сопровождается строительством метро в г. Екатеринбурге, высотное строительство с многоуровневыми подземными сооружениями, на водозаборах подземных вод районного водоснабжения и промышленных предприятий. При водопонижении вдоль трассы метро, на отдельных относительно крупных водозаборах длительного действия активизировались процессы суффозии, просадки поверхности, деформации зданий и инженерных сооружений. Повышение УПВ обусловлено строительством плотин 4 прудов в городской черте, утечками водонесущих коммуникаций. Это провоцирует процессы суффозии, подтопление подвальных помещений, деформации зданий вследствие изменения свойств обводненных грунтов оснований фундаментов.

Субтерральные процессы при подземном строительстве проявляются осыпанием, вывалами, обрушением горных пород, прорывами подземных вод и плывунов. *Антропогенный литогенез* – широко распространенный процесс в ходе освоения городских территорий. Насыпные грунты – постоянный компонент городского строительства, санкционированного и несанкционированного складирования отходов.

Гидрогеологические условия территории города обусловлены широким развитием подземных вод зоны экзогенной трещиноватости и трещинно-жильных вод, гидравлически взаимосвязанных и образующих единый водоносный горизонт. Воды безнапорные. Глубина залегания УПВ от 0 до 5-10 м в пониженных частях рельефа и до 20-50 м в элювиальных ландшафтах. Режим подземных вод нарушен под влиянием городской застройки, эксплуата-

цией групповых и одиночных водозаборных скважин. По составу воды сульфатно-гидрокарбонатные, хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатные кальций-магниевого, нередко с примесью натрия. В большинстве скважин загрязнены и непригодны для питьевых целей.

Рассмотренные факторы, ответственные за формирование ИГУ, необходимо учитывать при разработке и совершенствовании Генерального плана развития города. Для размещения районов массового жилищного строительства наиболее благоприятными являются юго-западные территории Ленинского района (Широкая речка, Юго-запад, Краснолесье) и западные территории Верх-Исетского района (ВИЗ-правобережный), сложенные в большей части гранитоидами Верх-Исетского массива. В центральной части города точечному высотному строительству должно предшествовать детальное изучение ИГУ участка и анализ сейсмического районирования территории.

Администрации г. Екатеринбурга для получения качественной информации по ИГУ строительства на современном уровне инженерно-геологических исследований и разработки нового Генерального плана развития города необходимо финансировать проведение комплексной инженерно-геологической съемки территории города в масштабе 1 : 10000.

Литература

1. Вейс-Ксенофонтова З.Г., Попов В.В. К вопросу о сейсмической характеристике Урала. М., Издательство АН СССР, 1940, 12 с. (Труды Сейсмологического института АН СССР, № 104).
2. Грязнов О.Н. Факторы инженерно-геологических условий Урала. Региональные геологические факторы // Известия УГГУ. Вып. 3(35). 2014. С. 30-50.
3. Гуляев А.Н. Оценка потенциальной сейсмичности территории города Екатеринбурга // Известия вузов. Горный журнал. № 6. Екатеринбург, 2009. С. 91-97.
4. Гуляев А.Н. Районирование центральной части Уральского региона по величине расчетной силы сейсмического воздействия // Известия вузов. Горный журнал. № 6.2010. С. 98-105.
5. Каишубин С.Н., Дружинин В.С., Гуляев А.Н., Кусонский О.А., Ломакин В.С., Маловичко А.А., Никитин С.Н., Парыгин Г.Н., Рыжый Б.П., Уткин В.И. Сейсмичность и сейсмическое районирование Уральского региона. Екатеринбург, УрО РАН. 2001. 124 с.
6. Комплексное геолого-геоморфологическое картирование Урала с целью поисков гипергенных полезных ископаемых / А.П. Сигов, [и др.], Свердловск: Изд-во Саратовского ун-та. 1968.
7. Комплект карт Общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-97 масштаб 1 : 8 000 000, объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах. Главные редакторы акад. РАН В.Н. Стахов, чл.-корр. АН Р. Узбекистан проф. В.И. Уломов. Москва, 1999. 56 с.
8. Ломтадзе В.Д. Словарь по инженерной геологии. СПб: СПбГИ. 1999. 360 с.
9. Подкорытова Л.И. Инженерно-геологическая характеристика элювия района г. Свердловска: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М.: МГУ, 1984. 17 с.
10. Попов И.В. Инженерная геология СССР. Т. 1. Общие основы региональной инженерной геологии. М.: Изд-во МГУ. 1961. 178 с.

11. Степанов В.В., Годзиковская А.А., Ломакин В.С., Прибылова Н.Е., Мокрушина Н.Г., Силина И.К., Кусонский О.А., Митенкова Н.В. Землетрясения Урала и сильнейшие землетрясения прилегающих территорий Западной Сибири и Восточно-Европейской платформы. ЦСГНЭО, Москва, 2002. 135 с.

12. Строительные нормы и правила. Строительство в сейсмичных районах. СНиП II-7-81*. Госстрой России. Москва, 2000.

13. Трофимов В.Т. Зональность инженерно-геологических условий континентов Земли. М.: Изд-во МГУ. 2002. 348 с.

СТРУКТУРНО-ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ И ТЕКТОНИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ВЫЯВЛЕНИЯ И ОЦЕНКИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОКОН НА ПРИМЕРЕ МОСКВЫ

А.Л. Дорожко

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, 101000 Москва, Уланский пер., д. 13, стр. 2,
а/я 145. E-mail: a_dorozhko@mail.ru

В 2013 -2014 гг. коллективом авторов Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН для Департамента природопользования и охраны окружающей среды города Москвы было проведено составление «Карты границ гидрогеологических окон» для территории г. Москвы в масштабе 1:10 000. Эта карта составлялась с целью оценки и прогнозирования загрязнения подземных вод, рационального их использования, регламентирования хозяйственной деятельности на участках выявленных окон.

Выделение гидрогеологических окон основывалось на результатах крупномасштабного картографирования геологического строения и гидрогеологических условий, фильтрационных расчетах, гидрогеохимических и гидрогеодинамических признаках. Кроме того, для этой работы впервые были привлечены данные по неотектоническому строению Москвы и выделены потенциальные гидрогеологические окна по тектоническим признакам, чему и посвящена данная работа.

Выявлению тектонических зон повышенной проницаемости келловей-оксфордских и других глинистых отложений, являющихся экраном для проникновения загрязнения из приповерхностных водоносных горизонтов в глубокие, в том числе резервный источник питьевого водоснабжения – подольско-мячковский водоносный горизонт, предшествовали детальные неотектонические и структурно-геодинамические исследования [1, 2 и др.]. В результате этих исследований на территории Москвы были выделены две геодинамически активные зоны (ГдАЗ) – Лихоборская и Москворецкая и поля разновозрастных линеаментов. Москворецкая зона, пространственно связанная с

долиной р. Москвы, образовалась в новейшее время в результате несогласного сочленения двух неотектонических структур – Наро-Фоминского поднятия и Мещерского прогиба. Наро-Фоминское поднятие, частью которого в пределах Москвы являются Теплостанское и Кунцевское поднятия, развивалось под воздействием с юга активно растущего обширного новейшего Воронежского сводового поднятия или, возможно, Кавказского сегмента Альпийской геодинамической системы [3]. Мещерский прогиб – это часть Окско-Донского прогиба с предполагаемым внутренним, самостоятельным источником напряжений и деформаций. Для Москворецкой ГдАЗ установлена праводвиговая кинематика с возможной сбросовой составляющей.

Лихоборская ГдАЗ разделяет Клинско-Дмитровское поднятие и Мещерский прогиб. Ее морфология подчеркнута широко развитыми линеамен-тами субширотного и северо-восточного простираний.

Кроме геодинамически активных зон использовались поля линеаментов различного возраста. Первое поле линеаментов современного возраста было выделено по рельефу земной поверхности со снятыми техногенными отложениями, что актуально в связи с повсеместным распространением этих отложений в условиях города с многовековой историей. Второе поле линеаментов было выделено по поверхности дочетвертичных отложений масштаба 1:10 000, созданной в ИГЭ РАН по данным бурения более чем 80 тыс. скважин. Эта поверхность погребена на глубину от нескольких до десятков метров и представляет собой карту рельефа со снятыми неоплейстоценовыми ледниковыми (моренными и флювиогляциальными) и речными (аллювиальными) отложениями. Возраст этих линеаментов был определен, как миоцен-раннеплейстоценовый, поскольку именно так по результатам структурно-геоморфологического анализа датирована сама поверхность.

Таким образом, в выделении потенциальных гидрогеологических окон по тектоническим признакам участвовали такие неотектонические структуры, как геодинамически активные зоны и разновозрастные линеаменты. Это объясняется тем, что для этих структур в разной степени характерна повышенная трещиноватость, деформированность и водо- и газопроницаемость пород. В результате анализа пространственного распространения этих структур была предложена методика выделения потенциальных гидрогеологических окон трех типов в зависимости от предполагаемой степени трещиноватости и, соответственно, проницаемости водоупорных горизонтов. Потенциальные гидрогеологические окна первого типа – участки с наиболее высокой проницаемостью отложений и скоростью фильтрации по сравнению с остальными двумя типами (рис. 1). Это – зоны пересечения нескольких (как правило, более двух) линеаментов различной протяженности и возраста. Линеамен-там, выраженным в рельефе земной поверхности, как наиболее молодым и отражающим современную трещиноватость, уделялось наибольшее внимание. Окна первого типа в плане, как правило, имеют изометричную форму, их размеры колеблются от 150 до 800 м.

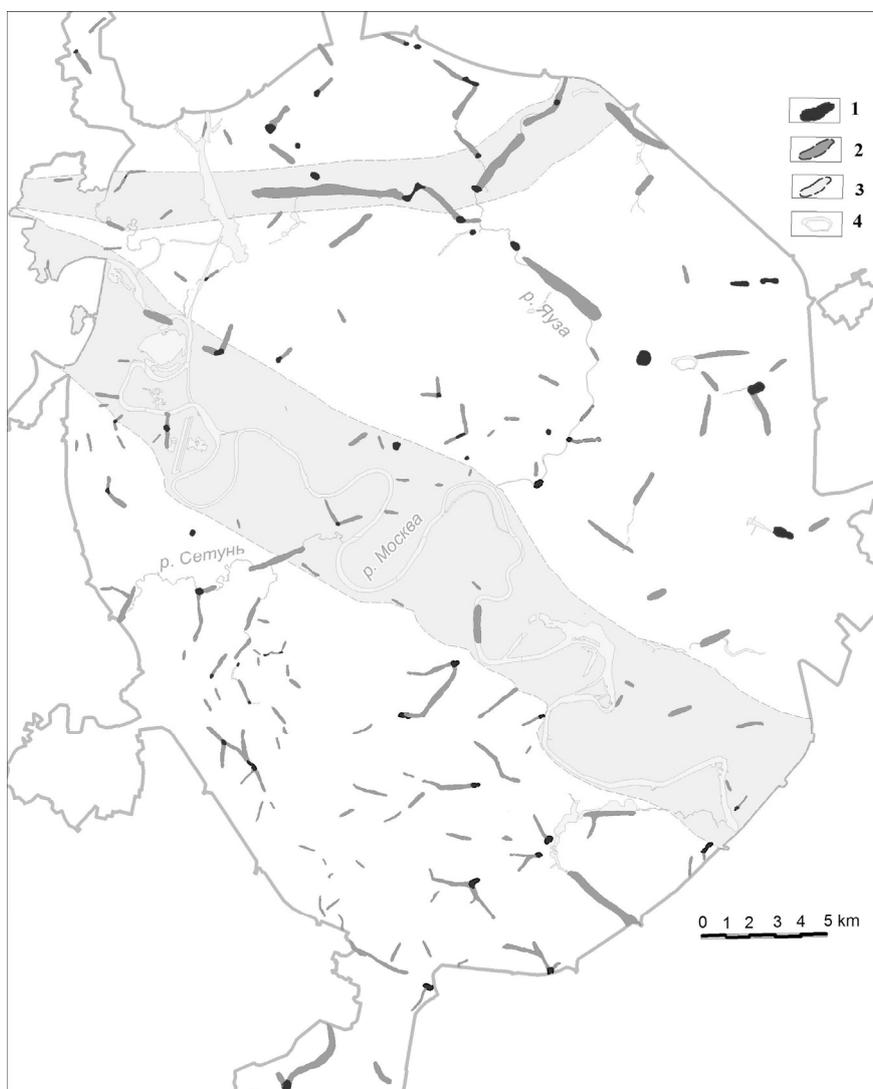


Рис. 1. Карта потенциальных гидрогеологических окон, выделенных по тектоническим признакам г. Москвы

Окна: 1 – первого типа, 2 – второго типа, 3 – третьего типа (ГдА3). 4 – современная гидросеть

Потенциальные гидрогеологические окна второго типа (рис. 1), проницаемость отложений в которых предполагается ниже, чем в зонах первого типа, выделены по совпадению, наложенности нескольких разновозрастных «разноуровневых» линеаментов друг на друга. Большая часть таких зон представляет собой спрямленные тальвеги рек и оврагов или бровки террас современных врезов, наложенные на прямолинейные участки доледниковых

(раннечетвертичных) врезов, выработанных на поверхности дочетвертичных отложений. В результате определяются контуры долгоживущих, устойчивых зон повышенной трещиноватости и проницаемости геологической среды, в том числе и келловей-оксфордских слабопроницаемых глин, которые и представляют собой потенциальные гидрогеологические окна второго типа, выделенные по тектоническим признакам. Эти окна имеют, преимущественно, линейную вытянутую форму, их длина колеблется от 300 м до 6 км при ширине от 100 до 600 м.

К потенциальным гидрогеологическим окнам третьего типа (рис. 1) относятся две области, расположенные в пределах двух региональных геодинамически активных зон – Москворецкой и Лихоборской. Предполагается, что проницаемость и трещиноватость геологической среды в этих зонах ниже, чем в двух вышеописанных типах потенциальных окон, выделенных по тектоническим признакам, но выше, чем на остальной территории. Длина окон третьего типа в пределах Москвы составляет 36 и 24 км при ширине 7 и 2,3 км соответственно.

Известно, что существующие поля напряжений, в результате действия которых сформировались неотектонические структуры, влияют на характер развития трещиноватости. Следовательно, можно предположить, что окна одного типа, но разной ориентировки по отношению к направлению главных действующих напряжений, будут обладать разной проницаемостью и скоростью фильтрации. В наибольшей степени это относится к окнам второго типа, вследствие их четко ориентированной линейной морфологии. Поскольку Москворецкая и Лихоборская ГдАЗ (окна третьего типа) разделяют территории с разными источниками напряжений и деформаций и, соответственно, с разными направлениями преобладающих напряжений, то рассмотрим отдельно три эти территории.

На область, расположенную южнее Москворецкой ГдАЗ (большого окна третьего порядка), включающую в себя Теплостанское и Кунцевское поднятия и разделяющий их Сегуньский прогиб, преобладающие напряжения действуют с юга – юго-запада (Воронежское сводовое поднятие). Следовательно, на этой территории преобладающие трещины в окнах второго порядка, имеющих субширотное или северо-западное простирания, будут закрытыми (режим сжатия) и скорость фильтрации меньше, а в окнах субмеридионального или северо-восточного простирания – открытыми (режим растяжения) и скорость фильтрации больше.

На область расположенную севернее Лихоборской ГдАЗ (меньшего окна третьего порядка), преобладающие напряжения действуют с севера – северо-запада (Клинско-Дмитровско-Ветлужский вал или, возможно, Скандинавская геодинамическая система [3]). Соответственно преобладающая трещиноватость в окнах второго типа субширотного или северо-восточного простираний будет закрытой (режим сжатия), а в окнах субмеридионального или северо-западного простираний – открытой (режим растяжения), с соответствующими скоростями фильтрации.

Что касается области между двумя ГдАЗ (окнами третьего порядка) в западной части исследуемой территории, то тут все не так однозначно. Как уже упоминалось ранее, эта область принадлежит Мещерской низменности в свою очередь являющейся частью Окско-Донского прогиба с собственным источником деформаций – глубинным очагом западнее исследуемой территории, приводящим к ее устойчивому прогибанию и, возможно, растяжению. Следовательно, можно предположить, что здесь преобладающие трещины в окнах второго типа субмеридионального или близкого к нему направлений более открыты, чем остальные (режим растяжения) и в этих окнах возможна большая проницаемость и скорость фильтрации.

Таким образом, возможна приуроченность к некоторым неотектоническим структурам – геодинамически активным зонам и линеаментам – гидрогеологическим окон определенного типа, характеризующихся изменением гидродинамических условий из-за повышенной проницаемости слабопроницаемых водоупорных горизонтов. Это позволяет использовать эти структуры для их выявления и картографирования гидрогеологических окон. Кроме того, при оценке степени проницаемости отложений следует учитывать геодинамические условия формирования этих новейших структур.

При недостатке или отсутствии детальной гидрогеологической информации, по тектоническим признакам могут быть дополнительно выделены потенциально опасные участки быстрого проникновения загрязнения из приповерхностных водоносных горизонтов в более глубокие, использующиеся, как резервные источники питьевого водоснабжения.

Литература

1. *Дорожко А.Л.* Неотектоника, геодинамически активные зоны Москвы и их геоэкологическое значение // Автореф. дис. на соиск. ст. канд. геол.-мин. наук. М.: ООО «Ай-клуб». 2014. 26 с.
2. *Дорожко А.Л., Макеев В.М.* Геодинамически активные зоны Москвы и их геоэкологическое значение // Сергеевские чтения. Развитие научных идей академика Е.М. Сергеева на современном этапе. Юбилейная конференция, посвященная 100-летию со дня рождения академика Е.М. Сергеева. Вып. 16. М.: РУДН, 2014. С 263-269.
3. *Юдахин Ф.Н., Шукин Ю.К., Макаров В.И.* Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. С. 299

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КАРТЫ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ТЕРРИТОРИИ РЯЗАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Ю.А. Дорохина

ЗАО «ГИДЭК», 105203, г. Москва, 15 Парковая ул., д.15а. E-mail: dorohina@newmail.ru

Одной из обязательных задач, решаемых в рамках работ по оценке запасов подземных вод является гидрогеологическое обоснование исходных данных для организации зон санитарной охраны водозаборов (ЗСО). Объем основных мероприятий на территории ЗСО разрабатывается применительно к конкретным природным условиям и санитарной обстановке с учетом современного и перспективного хозяйственного использования территории в районе ЗСО. Для небольших водозаборов, расположенных на территориях с низкой техногенной нагрузкой, эта задача решается с использованием результатов аналитических расчетов и материалов санитарного обследования территории участка. Для урбанизированных территорий с развитой промышленностью и инфраструктурой основой для разработки мероприятий по предупреждению загрязнения водозаборов подземных вод являются карты техногенной нагрузки. В настоящее время при разработке карт техногенной нагрузки широко используются геоинформационные технологии, ГИС создаются как модели территориальных систем, интегрирующие разнородные данные.

В рамках работ по оценке эксплуатационных запасов подземных вод Рязанского месторождения, выполненных компанией «ГИДЭК» в 2010 г., была разработана геофильтрационная модель месторождения, на базе которой выполнялись прогнозные расчеты (в том числе и расчет границ поясов ЗСО). Все этапы решения задачи: разработка природной модели месторождения, геофильтрационная и расчетная схематизации, калибровка модели и прогнозные расчеты сопровождались геоинформационным моделированием. Гидрогеологические, гидрологические, картографические и прочие данные, являющиеся информационным обеспечением работы по оценке запасов Рязанского месторождения подземных вод были организованы в виде ГИС-проекта состоящего из картографической и фактографической баз данных. Для создания ГИС-проекта использовалась программа ESRI ArcGis 10.1 Эта система была подготовлена применительно к программному комплексу Visual MODFLOW, который использовался для решения гидродинамической задачи. При формировании численной модели векторные, грид и другие данные из ГИС-проекта экспортировались в форматы, читаемые Visual MODFLOW.

Рязанское месторождение пресных подземных вод приурочено к верхней гидродинамической зоне Московского артезианского бассейна и распо-

ложено на территории, в пределах которой три водоносных комплекса (подольско-мячковский, каширский и алексинско-протвинский) содержат пресные подземные воды, и происходит интенсивная эксплуатация этих комплексов групповыми и одиночными водозаборами для хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Рязани.

Территория, к которой приурочено Рязанское месторождение подземных вод, крайне неоднородна и неравномерна по видам и степени техногенной нагрузки, которая подразделяется на две категории.

К первой категории относится нагрузка, создаваемая антропогенной деятельностью на поверхности земли («снаружи»). Она воздействует на подземные воды опосредованно, как возможный и действующий источник поступления загрязнения через перекрывающую терригенную толщу четвертично-юрских отложений.

Ко второй категории относится нагрузка, воздействующая на подземные воды «изнутри» – водоотбор для хозяйственно-питьевых и технических целей.

Техногенная нагрузка, отнесенная к первой категории, приурочена к территории крупного промышленного центра, которым является г. Рязань. Это многоотраслевой промышленный центр с преобладанием отраслей тяжелой промышленности, главным образом, машиностроения. Важнейшими отраслями также являются нефтепереработка и электроэнергетика. Кроме того, в городе функционируют предприятия легкой, приборостроительной и пищевой промышленности, предприятия по производству строительных материалов.

Согласно Паспорту территории г.Рязани МЧС биологически и радиоактивно опасные объекты на территории города отсутствуют. Химически опасными объектами признаны ЗАО «Рязанская нефтеперерабатывающая компания», ОАО «Русская пивоваренная компания», ООО «Рязанское мороженое» и ОАО «Рязанский хладокомбинат». Основным возможным загрязнителем на этих предприятиях является аммиак, который может попасть в зону аэрации с атмосферными осадками.

На остальной части рассматриваемой территории, прилегающей к городу Рязани, развито преимущественно земледелие, животноводство, имеются отдельные объекты по добыче и переработке стройматериалов, техногенные объекты линейного типа (нефте-газопроводы, железные дороги) и точечные (навозохранилища, свалки и т.п.).

Нагрузка второй категории сконцентрирована на территории города Рязани, где действуют централизованные и автономные водозаборы подземных вод, в результате интенсивной и длительной работы которых на территории города в трех эксплуатируемых пластах сформировались обширные депрессионные воронки. На остальной исследуемой территории водоотбор незначителен, однако, само наличие скважин, вскрывающих продуктивный пласт, и возможные дефекты их конструкций являются потенциальными источниками загрязнения подземных вод.

На основе данных внесенных в картографическую базу были составлены цифровые модели ситуационных и вспомогательных карт территории Рязанского месторождения, в том числе и карты техногенной нагрузки. При этом географическая характеристика территории (контуры жилой застройки, лесные массивы, речная сеть, озера, водохранилища) использовалась в качестве подложки. Основой для создания тематических слоев специального содержания использовалась следующая информация:

- сведения о потенциальных источниках загрязнения подземных вод,
- материалами о предприятиях г.Рязани (техногенные объекты),
- попластовые схемы распределении эксплуатационных нагрузок, учитывающие все водозаборы подземных вод, работающие на территории месторождения.

Картографирование включало в себя создание базы геоданных, привязку и оцифровку растровых данных для создания картографической основы. Выделение объектов по пространственным критериям осуществлялось на основе поиска в пространственной базе данных объектов, удовлетворяющих заданным условиям.

Обработанный таким образом массив информации позволил выделить степень техногенной нагрузки и характер распределения её по территории г. Рязани и прилегающих участков (рис. 1). На карте выделяются 3 зоны техногенной нагрузки, различные по степени воздействия на территорию: высокая, умеренная и слабая.

К зоне высокой техногенной нагрузки относятся застроенные территории, участки, на которых расположены действующие предприятия, железнодорожные линии и участки нефтепроводов, проходящие по землям сельскохозяйственного назначения (т.е. там, где имеется определенный риск их повреждения). По степени воздействия на подземные воды к этой же зоне относятся участки всех централизованных водозаборов г. Рязани. Зона высокой техногенной нагрузки, в целом, совпадает с городской территорией.

К зоне умеренной техногенной нагрузки относятся все пахотные и луговые земли, используемые в земледелии и животноводстве, области, примыкающие к жилой и промышленной застройке, а также участки нефтепроводов, расположенные в зоне лесов. Это область развития воронки депрессии от работы городских водозаборов г.Рязани. В этой же зоне расположены все мелкие водозаборы (в основном – одиночные скважины) в сельской местности.

К зоне слабой техногенной нагрузки относится большая часть рекреационной области в восточной части территории, занятая лесами. Фактически, техногенная нагрузка здесь отсутствует, за исключением отдельных линий ЛЭП.

Таким образом, на исследуемой территории в пределах г. Рязани расположены предприятия машиностроительной, нефтеперерабатывающей и других отраслей, что обуславливает определенную степень загрязнённости территории, и как следствие, вероятность загрязнения подземных вод продуктивных водоносных горизонтов.

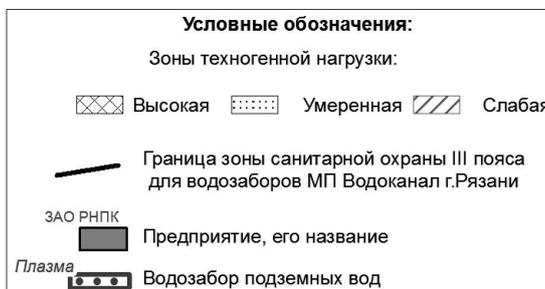
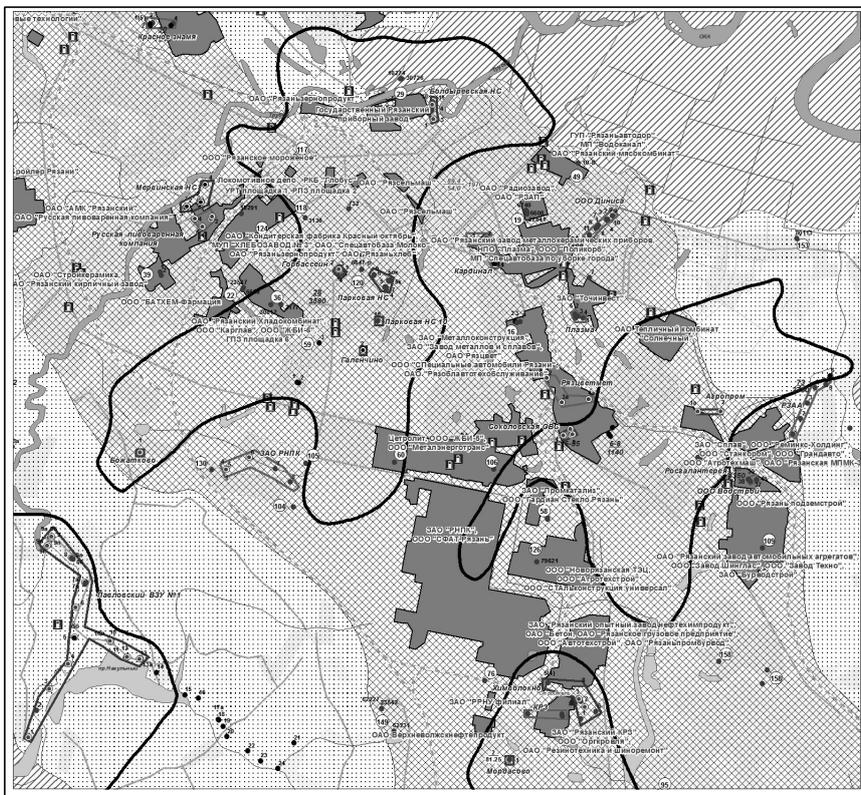


Рис. 1. Фрагмент карты техногенной нагрузки территории Рязанского месторождения подземных вод с границами ЗСО III пояса

Разработанная с использованием геоинформационного моделирования карта техногенной нагрузки, совмещенная с результатами расчетов границ поясов ЗСО, выполненных численно с применением программы расчёта линий тока по результатам решения геофильтрационных задач ModPath (комплекс программ Visual Modflow), позволила обосновать комплекс мероприятий по предупреждению загрязнения водозаборов в пределах Рязанского месторождения подземных вод.

К ВОПРОСУ ПАСПОРТИЗАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

С.Н. Елохина*, А.А. Киндлер*, А.И. Кононученко**

* ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»,
620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30. E-mail: elohina.s@mail.ru

** ОАО «Уральская гидрогеологическая экспедиция»,
620017, Екатеринбург, ул. Основинская, 7

Одна из специфических природно-техногенных опасностей на Урале связана с отработанными горными выработками, количество которых разной степени рекультивации за 300-летнюю горнопромышленную историю региона неизвестно даже в первом приближении. Согласно разрозненным официальным данным, а также благодаря усилиям энтузиастов, известно, что количество отработанных горных объектов, например, на Урале составляет сотни [1]. Некоторая их часть полностью рекультивирована и повторно освоена (например, Лебяжинский карьер в г. Нижний Тагил Свердловской области), другая – тесно связана с природно-техническими системами градопромышленных агломераций с достаточно плотной застройкой зданиями и инженерными сооружениями (гг. Верхняя Пышма, Березовский, Екатеринбург, Златоуст, Полевской, Краснотуринск, Красноуральск и др.). Большая часть упомянутых объектов удалена от селитебной застройки, но все равно в той или иной степени опасна.

Помимо опасности экономических и экологических рисков, заброшенные горные выработки несут в себе определенный полезный потенциал, меняющийся в различных экономических условиях. Его совокупность может быть выявлена только при полной инвентаризации и паспортизации отдельных объектов на уровне субъектов РФ. Естественно, степень актуальности инвентаризации и паспортизации отработанных горных выработок отличается в различных регионах России, что не снижает важности унификации подобной информации. Учитывая интерес общественности к подобного рода объектам, а также некоторые организационные моменты, целесообразно полагаться исключительно на органы Ростехнадзора; предлагается разработать и внедрить систему регистрации горных объектов на уровне крупномасштабного инженерно-геологического и геоэкологического картирования урбанизированных территорий.

Тематическим результатом подобного картирования могут служить местные (муниципальные) базы данных отработанных горных выработок (БД ОГВ), заполненные соответствующим образом в общедоступных форматах. Представляется необходимым объединение муниципальных баз в региональные для удобства их хранения. При этом для создания и ведения региональной БД ОГВ возможно использование региональных центров хранения архивных (фондовых) геологических данных или же специализированных

организаций, например, осуществляющих ведение мониторинга окружающей среды в рамках министерства природных ресурсов и экологии субъектов РФ (СФ), или же государственного мониторинга состояния недр (ГМСН) Министерства природных ресурсов и экологии РФ (территориальные центры ГМСН). Последнее должно обеспечить отражение результатов картирования в ежегодных информационных Докладах о состоянии окружающей среды СФ или в Информационных бюллетенях о состоянии недр на территории СФ.

Совокупность проблем вокруг создания и ведения БД ОГВ подразделяется на две основные части: организационно-правовую и научно-методическую. Круг *организационно-правовых* вопросов требует разработки механизма учета, межведомственной передачи данных по ОГВ и их хранению, и должен внедряться с учетом специфики каждого региона. В некоторых субъектах РФ такая программа уже реализована (Самарская область и др.).

На территории Уральского федерального округа (Свердловская и Челябинская области) Уральским региональным центром ГМСН совместно с Уральским государственным горным университетом начаты работы по созданию региональной БД ОГВ, как подсистемы базы данных опасных экзогенных геологических процессов. Решение *научно-методических* проблем, связанных с формой универсального паспорта ОГВ и структурой региональной БД является первым шагом в указанном направлении.

Разработка научно-методических основ включает в себя следующие моменты:

1. Обоснование и выбор критериев и показателей регистрации ОГВ.
2. Разработка формы паспорта ОГВ (универсального или по видам ОГВ).
3. Выбор оболочки и структуры БД для удобства сбора, хранения и пользования информацией по ОГВ.

Критерии и показатели разделяются на следующие блоки:

1. *Тип ОГВ* (одиночная, группа, шахтное поле – соединенные подземными каналами разного происхождения).

2. *Привязка* (географическая, административная, водохозяйственная). При групповом типе задается для каждого объекта отдельно (до 100 объектов).

3. *Горно-технический блок* (при групповом типе задается для каждого объекта отдельно):

3а) открытая, подземная, комбинированная ОГВ;

3б) геометрические размеры (максимальные, средние): глубина (м), площадь (га), количество этажей (горизонтов, уступов);

3г) сохранность, степень и характер рекультивации (отсутствует, частично или полностью);

3д) направление и способ рекультивации, а также недропользователи объекта;

3е) тип и площадь воздействия на окружающую среду.

4. Инженерно-геологический блок:

5а) реестр точек контроля (до 50) с геологической привязкой и характеристикой, координатами: отдельно опасные геологические процессы, инженерные сооружения и участки рекультивации;

5б) опасные геологические процессы по их видам (оползни, осыпи, оврагообразование, провалы, зоны сдвижения и обрушения, просадки, подтопление, вторичная аккумуляция), геометрические и динамические характеристики процессов в точках контроля с датами наблюдений;

5в) инженерные объекты и сооружения, расположенные в зоне влияния ОГВ, их назначение (водозаборы, жилищная застройка, линейные сооружения и т.д.), степень ответственности, современное состояние с датами наблюдений;

5г) участки реализованных мероприятий по рекультивации, их характеристика, современное состояние с датами наблюдений.

5. Гидрогеологический блок:

4а) реестр точек контроля (до 50) с гидрогеологической привязкой и гидрогеологической характеристикой, координатами;

4б) степень обводненности ОГВ по точкам контроля с указанием глубины и абсолютных отметок уровня воды по датам наблюдений;

4в) наличие шахтоизлива и его производительность по точкам контроля и датам наблюдения;

4г) химический (газовый) состав карьерных или шахтных вод (в подземных ёмкостях, на изливе) по точкам контроля и датам наблюдения;

4д) температурный режим по точкам контроля с датами наблюдения.

6. Гидрологический блок:

6а) реестр водотоков, расположенных в зоне влияния ОГВ, их водохозяйственное и рыбохозяйственное значение с гидрологической привязкой и характеристикой;

6б) реестр гидростворов по каждому водному объекту с координатами, расстоянием от истоков, гидрологическими характеристиками;

6в) датированные гидрометрические характеристики водного объекта по гидростворам;

6г) химический (газовый) состав воды в поверхностных водных объектах (водотоки и водоёмы) по гидростворам с датами наблюдений;

6д) температурный режим воды по гидростворам с датами наблюдений;

6е) химический состав донных отложений в поверхностных водных объектах по гидростворам с датами наблюдений.

7. Экологический блок:

7а) реестр точек контроля за состоянием снегового, почвенного и растительного покрова в зоне влияния ОГВ с их привязкой по зонам почвенного и лесотаксонометрического районирования и координатами;

7б) состояние снегового покрова в точках контроля по датам наблюдения: мощность, содержание пыли, химический состав пылевой нагрузки и снеговой воды;

7в) агромелиоративные параметры почвенного покрова в точках контроля по датам наблюдения: мощность гумусового слоя, почвенный профиль, химический состав и др.;

7г) показатели состояния растительности в точках контроля по датам наблюдения: бонитет, годовой прирост, химический состав листьев и др.;

7д) наличие других источников загрязнения в районе ОГВ, их краткая характеристика, ведомственная принадлежность (например, отвалы фторгипса в зоне обрушения над шахтным полем и т.п.).

8. Блок «Прочие данные» предусмотрен для внесения уникальных сведений по объекту. Например, данные о провоцировании чрезвычайных ситуаций, способах и периоде их ликвидации, различных ущербах, гибели людей и животных, вторичном использовании (дайвинг, спелеостологические работы, музейный потенциал и др.), рекомендации по рекультивации ОГВ и реабилитации прилегающей территории.

Предусмотрена возможность в каждом блоке давать пояснения текстовым файлом (в «Примечании»), в том числе об источнике информации, и присоединять фотодокументацию и картографический материал по каждой точке и замеру, а также в целом по объекту. Заложен резерв для задания точек контроля в количестве до 50, а все динамические характеристики имеют ёмкость до 100 замеров (на 25 лет).

Паспорта ОГВ могут быть универсальными и тематическими. Каждый из них имеет свое назначение, недостатки и преимущества.

Универсальные паспорта ОГВ предназначены для проведения специализированных полевых наблюдений на объектах; они содержат все выделенные выше критерии и показатели в их динамике. Это своеобразная подсказка при выполнении описания и разного рода опробования. Предусмотрено включение в универсальный паспорт пустых незаполненных блоков по точкам контроля, участкам и гидростворам для их полевого заполнения.

Недостатком бумажной версии универсального паспорта является его громоздкость и большой объем.

Задание *тематических паспортов* ОГВ позволяет избавиться от излишнего объема при рассмотрении конкретной тематической подборки объектов только с заданными характеристиками. Например, выборка делается только по шахтным полям, влияющим на водотоки в пределах конкретных административных единиц. Для этого в БД ОГВ закладываются поисковые возможности по целой группе показателей. Промежуточным этапом при выводе тематических паспортов служит формирование *тематических списков* ОГВ.

Структура и оболочка БД ОГВ выбирается исходя из заданного набора критериев и показателей, требования общедоступности формата, а также обязательности взаимодействия БД с картографическим изображением списка ОГВ на прикрепленной картографической основе трехмасштабного уровня, в том числе при запросах при формировании выборок тематических паспортов и списков.

Выбор масштаба картографической привязки соотносится с уровнями административного управления: крупномасштабный (муниципальный), среднemasштабный (субъектный) и мелкомасштабный (региональный). Крупномасштабный уровень должен иметь картографическую основу от 1:10 000 до 1:25 000 масштаба, что наиболее сложно в реализации, учитывая её секретность. Субъектный уровень может быть соотнесен в доступном масштабе 1:100 000 или 1:200 000. Наиболее обеспечен цифровой картографической основой региональный уровень в масштабе 1: 1 000 000 или 1:2 500 000.

В настоящее время выбор оболочки ещё не завершён и проводится экспериментальное опробование различных вариантов в среде ArcView, Excel, Access и др.

Предполагается задание дополнительных возможностей в рамках фактографической и картографической БД ОГВ, связанных с зонированием по степени техноприродной геологической опасности территории воздействия ОГВ, разработанной и реализуемой авторами [2 и др].

Апробация системы проводится на отдельных наиболее изученных объектах Свердловской области, к которым относятся Дегтярский затопленный рудник [3].

Литература

1. *Елохина С.Н.* Гидрогеоэкологические последствия горного техногенеза на Урале. – Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2013. – 187 с.
2. *Елохина С.Н.* Техноприродные опасности на затопленных рудниках Урала // Известия вузов. Горный журнал. – 2005. – № 3. – С. 120-127.
3. *Елохина С.Н.* Параметры постэксплуатационного техногенеза горнорудного профиля в зоне влияния Дегтярского рудника / С.Н. Елохина, А.А. Киндлер, Р.Н. Шараев, А.А. Царегородцева // Сергеевские чтения. Вып. 15. Устойчивое развитие: задачи геоэкологии (инженерно-геологические, гидрогеологические и геокриологические аспекты): мат-лы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (21-22 марта 2013 г.) – М.: Изд. РУДН, 2013. – С. 249-254.

КАРТА РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ МОСКВЫ ПО ГЕОЛОГИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ ПОДЗЕМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

И.В. Козлякова, О.К. Миронов

Институт геоэкологии РАН им. Е.М.Сегрева, 101000, Москва,
Уланский пер., 13. E-mail: Kozlyakova@rambler.ru

Инженерно-геологическое районирование территории всего города для подземного строительства проводится на стадии обоснования схемы комплексного использования подземного пространства в рамках разработки генерального плана. Цель районирования – выделение территорий в различной степени пригодных для строительства подземных сооружений с учетом предполагаемой глубины заложения. Для города такие карты относятся к разряду обзорных и могут использоваться, в первую очередь, для определения удорожания строительства при обосновании инвестиций. В данной работе на примере Москвы показана технология составления карты районирования для подземного строительства в масштабе 1 : 100000.

Основной критерий оценки благоприятности территории для строительства подземных объектов – наличие выдержанных по простиранию и мощности комплексов пород с хорошими несущими свойствами, залегающих на определенных глубинах. Выделение районов в зависимости от распространения, глубины залегания и мощности таких комплексов является первым этапом районирования территорий по степени благоприятности для подземного строительства. На последующих этапах проводится оценка гидрогеологической обстановки и возможности развития опасных природных и природно-техногенных процессов. Для масштаба 1: 100000 целесообразно ограничиться первым этапом районирования.

Наиболее выдержанные по простиранию и мощности стратиграфо-литологические комплексы пород с хорошими несущими свойствами на территории Москвы – это средне-верхнеюрский преимущественно глинистый комплекс и каменноугольный терригенно-карбонатный комплекс. Степень благоприятности территории для подземного строительства определяется глубиной залегания выделенных комплексов и мощностью глин юрского возраста. Выделяются районы трех категорий: благоприятные, условно благоприятные и неблагоприятные (таблица).

Карта районирования территории Москвы для подземного строительства (рис. 1) составлена на основании трехмерной модели геологической среды города и является результатом наложения:

- карты мощности глин юрского возраста,
- карты глубин залегания кровли глин юрского возраста,
- карты глубины залегания кровли терригенно-карбонатных пород каменноугольного возраста.

Таблица

Легенда к карте районирования территории г. Москвы по геологическим условиям подземного строительства (масштаб 1: 100 000)

Категория	Особенности залегания основных комплексов пород	Особенности освоении подземного пространства
Благоприятная	Каменноугольные терригенно-карбонатные породы залгают на глубине менее 10 м.	Основанием и вмещающей средой большинства подземных сооружений служат породы юрского и каменноугольного возраста
	Каменноугольные терригенно-карбонатные породы перекрыты толщей средне-верхнеюрских глин мощностью более 10 м, кровля которых располагается на глубине менее 40 м.	
Условно благоприятная	Каменноугольные терригенно-карбонатные породы перекрыты толщей средне-верхнеюрских глин мощностью более 10 м, кровля которых располагается на глубине более 40 м.	Породы каменноугольного и юрского возраста могут служить основанием и вмещающей средой только для подземных сооружения глубокого заложения
	Каменноугольные терригенно-карбонатные породы залегают на глубине 10 – 40 м и перекрыты толщей средне-верхнеюрских глин мощностью 5 – 10 м	Для сооружений открытого способа проходки основанием могут служить породы юрского возраста. Геологическое строение массива по трассе тоннелей может значительно изменяться.
Неблагоприятная	Каменноугольные терригенно-карбонатные породы залегают на глубине более 40 м и перекрыты толщей средне-верхнеюрских глин мощностью менее 10 м	Для большинства подземных сооружений открытого способа проходки в качестве основания или вмещающей среды могут служить только глинисто-песчаные породы четвертичного возраста.
	Каменноугольные терригенно-карбонатные породы залегают на глубине 10 – 40 м под четвертичными глинисто – песчаными отложениями или под толщей средне-верхнеюрских глин мощностью менее 5 м	На площадке или по трассе одного сооружения основание и вмещающая среда очень изменчивы. Часто в качестве основания можно использовать только породы четвертичного возраста.



Рис.1. Карта районирования территории г. Москвы по геологическим условиям подземного строительства (фрагмент)

Условные обозначения: 1 – благоприятная категория, 2 – условно благоприятная категория; 3 – неблагоприятная категория.

При выборе градаций глубины залегания пород каменноугольного и юрского возраста учитывалась вертикальная зональность подземного пространства города. Вертикальное зонирование подземного пространства Московского мегаполиса определяется тремя основными уровнями – 10, 20, 40 м. До глубины 10 м расположены фундаменты большинства зданий с подземной частью, подземные пешеходные переходы, подземные торговые комплексы, коллекторы подземных коммуникаций мелкого заложения, подземные автомобильные парковки. Строительство подземных сооружений на этом уровне осуществляется практически всегда открытым способом. До глубины 20 м расположены автотранспортные тоннели, станции и тоннели метро мелкого заложения, коллекторы подземных коммуникаций глубокого заложения, фундаменты крупных многофункциональных комплексов. До глубины 40 м расположены автотранспортные тоннели, станции и тоннели метро глубокого

заложения, фундаменты отдельных уникальных зданий. Глубже 40 м расположены отдельные наиболее глубокие тоннели метро [1].

Карта районирования территории г. Москвы по геологическим условиям подземного строительства позволит приблизительно оценить экономическую эффективность размещения подземных сооружений на различных глубинах, что и является основной задачей на стадии обоснования инвестиций. В современных мегаполисах практически бесполезно пытаться выбрать оптимальный вариант размещения сооружения только по геологическим критериям. Сооружение располагается там, где оно необходимо городу с учетом существующей инфраструктуры, пусть это и значительно увеличивает его стоимость. Оценка условий подземного строительства и обоснование оптимальных проектных решений на стадии первоначального выбора проекта будет способствовать минимизации затрат на строительство, предотвращению его негативного влияния на устойчивость существующих зданий и сооружений, обеспечению экологической безопасности городской территории.

Литература

1. Руководство по комплексному освоению подземного пространства крупных городов. М.: Рос. Акад. архитектурных и строительных наук, 2004. – 159 с.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СОСТАВЛЕНИЮ НОВЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

Ю.А. Мамаев, А.А. Ястребов

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, 101000, Москва, Уланский пер. д. 13, стр. 2.

Инженерно-геологические карты являются моделями – познавательными заменителями – геологических условий конкретных территорий. Они создаются для накопления и отображения фактических данных о строении, составе, состоянии и свойствах массивов пород; изучения, оценки и прогноза развития геологических процессов; разработки строительно-планировочных и защитных инженерных решений при освоении территорий.

Безопасность различных природных и природно-технических систем на протяжении всего их «жизненного цикла» должна планироваться и обеспечиваться на основе комплексного изучения исторических условий их формирования и развития, современного состояния, постоянного контроля за изменениями в процессе развития или эксплуатации объектов, разработки прогнозов их изменений и, наконец, принятия адекватных управленческих или инженерных решений со своевременной их реализацией [1].

Данная проблема может решаться путем проведения широкого комплекса исследований, включающих полевые, экспериментальные и аналитические методы, а также методы целевого тематического картографирования с отображением существующей и (или) прогнозируемой ситуации.

Современная классификационная схема инженерно-геологических карт содержит более 50 видов, которые систематизируются по классам, группам и типам. Особое внимание в последнее время уделяется методологии и методам построения «новых» карт – карт нового поколения, к которым относятся карты опасности, уязвимости, рисков и другие [2]. В своем большинстве, по назначению, содержанию и приемам составления они относятся к синтетическим специализированным картам оценочного сравнительного геолого- (природно-) экономического районирования общего назначения. Поэтому часто при их составлении руководствуются общими методологическими подходами комплексного инженерно-геологического районирования [3].

В настоящее время трудности создания инженерно-геологических карт нового поколения заключаются в отсутствии четкой регламентации требований к назначению, масштабам и информативности карт, предназначенных для разных пользователей и уровней принятия решений; недостаточности опыта и методологического обоснования их составления как у нас в стране, так и за рубежом; слабой теоретической и методической разработанности общих классификаций карт, принципов параметризации опасностей и унификации их ведущих параметров.

Разработка методологических основ составления специальных инженерно-геологических карт предполагает уточнение основных терминов и определений.

При решении вопросов обеспечения безопасности населения, территорий, и объектов от природных и природно-техногенных угроз широко применяются термины «опасность», «риск», «ущерб», «уязвимость» и др. Однако, в силу разной направленности знаний и опыта подготовки специалистов, занимающихся разными аспектами данной проблемы, очевидна неоднозначность трактовки этих основных понятий. На практике это обуславливает различие подходов и приемов оценки опасных процессов, а в картографировании – большое разнообразие моделей. В инженерной геологии наиболее широко используются следующие определения. «Геологическая опасность» – это ситуация, возникающая в результате строительной-хозяйственной деятельности человека или наличия естественных неблагоприятных геологических условий [1]. Степень геологической опасности зависит как от вида и интенсивности хозяйственной деятельности человека, так и сложности геологических условий. Под риском понимается экономическая категория, характеризующая возможный (условно реализованный) социальный и экономический ущерб от возможного случая проявления опасного процесса, выраженный в количестве погибших и раненных людей, стоимости их личной собственности и стоимости объектов хозяйственно-экономической деятельности. «Ущерб» – это негативное изменение состояния объектов, выражающееся

в нарушении их целостности или ухудшении других свойств. К ущербам отдельных элементов риска относятся: нарушение процесса хозяйственной деятельности, утрата того или иного вида собственности, ухудшение качества природной среды, потеря территорий с биотой и недрами, потеря здоровья или смерть людей; потеря экономических связей; нарушение технологических процессов; сбои в транспортном и инженерном обеспечении функционирования объектов [3].

Под уязвимостью (потенциальной пораженностью) понимают степень возможных потерь (ущерба) для данного объекта или совокупности объектов от разных элементов риска, которые могут произойти при воздействии природного или природно-техногенного процесса или явления определенной величины. Уязвимость или степень потенциального ущерба, отнесенная к той или иной территории и выраженная в стоимостной форме, составляет основное содержание карт риска.

Единого общепринятого ранжирования степеней опасности природных (геологических) процессов нет. В зависимости от целей, масштабов и детальности исследований обычно выделяют от 3 до 6 градаций опасности. Аналогичное ранжирование применяется при составлении карт уязвимости объектов.

Несмотря на большое разнообразие схем и методик составления карт опасности, уязвимости и рисков природных процессов, общая последовательность разработок данных карт включает следующие основные этапы:

- составление и (или) использование аналитических инвентаризационных карт опасных природных процессов (ОПП) с характеристикой их масштабов, повторяемости, интенсивности, направленности;
- составление, при необходимости, вспомогательных аналитических карт (геологических, тектонических, геоморфологических, климатических, техногенной нагрузки и др.) для анализа влияния отдельных природных и техногенных факторов на развитие того или иного процесса;
- уточнение закономерностей пространственного и временного развития природных опасностей по материалам аэро- и космофотосъемок и дистанционного зондирования за ряд лет;
- установление и выбор критериев и признаков выделения зон разной степени опасности для отдельных видов ОПП;
- построение карт ОПП на основе типизации и параметризации процессов по степени их опасности;

В основу составления карт уязвимости объектов положен учет двух основных групп факторов: ответственность и класс опасности объектов, которые могут подвергнуться воздействию ОПП; степень опасности развития самих процессов с учетом их распространения, масштабов, повторяемости и других важных особенностей.

Под уровнем ответственности понимается характеристика здания или сооружения, определяемая по возможным объемам экономических, социальных и экологических последствий его разрушения. Выделяется три уровня ответственности:

повышенный – включающий здания и сооружения, отнесенные в соответствии с Градостроительным кодексом РФ к категориям особо опасных, технически сложных или уникальных;

нормальный – все здания и сооружения, кроме выше поименованных, а также вспомогательного назначения;

пониженный – здания и сооружения временного и вспомогательного назначения.

При составлении карт уязвимости, обычно, рассматриваются и оцениваются объекты повышенного уровня ответственности. В соответствии с Градостроительным кодексом РФ (статья 48.1) и Федеральным законом от 21.07.97 №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» к ним относятся: предприятия на которых получают, используются, хранятся, транспортируются опасные вещества, а именно: воспламеняющиеся, окисляющие, горючие, взрывчатые, токсичные, представляющие опасность для окружающей среды; объекты производства и хранения ядерных материалов, радиоактивных веществ, пункты хранения радиоактивных отходов, а также промышленных и горно-химических отходов; объекты нефте- и газоперерабатывающей, химической и нефтехимической промышленности, нефтепродуктообеспечения; гидротехнические сооружения I-го и II-го классов; сооружения связи; объекты инфраструктуры железнодорожного транспорта; тепловые электростанции, мощностью 150 МВт и выше; газовые магистрали высокого давления; предприятия, где используется оборудование, работающее под избыточным давлением (более 0,07 МПа) пара и газа, воды при температуре нагрева более 115⁰С; получают расплавы черных и цветных металлов и сплавы на основе этих расплавов; ведутся горные работы, и другие объекты.

Значимые для конкретных картографируемых территорий промышленные, транспортные, административные и селитебные объекты, по отношению к которым оценивается уязвимость, показываются на схематических картах – планах того же масштаба, что и карты опасности. Далее, методом наложения этих двух типов карт создается картографическая основа для аналитической проработки и выделения зон и участков объектов с разной степенью уязвимости. Последние, как правило, по светофорному принципу раскрашиваются в спокойные или тревожные цвета и усиливаются разной штриховкой. Это является важнейшей целевой картографической информацией, показывающей пространственное положение зон и участков с разной категорией уязвимости объектов. Карты уязвимости отображают суммарную экспертную оценку степени возможного ущерба для отдельных объектов повышенной ответственности с учетом опасности развития природных процессов. Они необходимы при: обязательном создании и функционировании систем управления промышленной безопасностью производств; разработке проектов территориального планирования городов и районов; составлении схем инженерной защиты отдельных территорий и объектов; организации дополнительных систем мониторинговых наблюдений; накоплении сил и средств с целью минимизации последствий аварий и чрезвычайных ситуаций.

Данные методологические подходы были применены при картографировании территории г. Березники Пермского края, включающей шахтное поле затопленного рудника по добыче калийных солей, в границах которого в настоящее время развиваются мульды оседания земной поверхности и провалы больших объемов. В комплект инженерно-геологических карт масштабов 1:25000 – 1:10000 были включены новые карты: карта зонирования территории по степени опасности развития геологических процессов и карта уязвимости промышленных и гражданских объектов района [4].

Литература

1. *Голодковская Г.А., Елисеев Ю.Б.* Геологическая среда промышленных регионов. М., Недра, 1989. 219 с.
2. Карта опасности развития геологических и гидрометеорологических процессов территории России. М-6 165 000 000. М., ПНИИИС, 1989.
3. *Мамаев Ю.А., Куринов М.Б.* Вопросы методологии в оценке устойчивости территорий. // Геоэкология. 1993. №1. С.3-18.
4. *Осипов В.И., Мамаев Ю.А., Ястребов А.А.* Зонирование территории г. Березники Пермского края РФ по степени опасности развития геологических процессов // Геоэкология, № 6, 2014. С.518-525.

ОЦЕНКА ГРАДОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ НА ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ

**Т.Б. Минакова*, Ю.П. Толстая*, И.С. Сависько*,
А.Е. Рябенко****

* Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН,
Уланский пер., д.13, стр.2, Москва 101000 Россия. E-mail: direct@geoenv.ru
** ЗАО "ГК ШАНЭКО", ул. Москворечье д.4, корп. 3, Москва, 115522
E-mail: shaneco.group@shaneco.ru; <http://www.shaneco.ru>

В разработке генпланов городов градоэкологические ограничения играют существенную роль и занимают значительное место в Систематизации геоэкологических ограничений [2]. Эти ограничения включают подгруппы: чисто градостроительную – функциональное зонирование урбанизированной территории, ее экологическое состояние и законодательно ограничивающее ее использование (табл. 1). Взаимодействие этих подгрупп, по итогам оценки которого проводится районирование территории по градоэкологическим ограничениям, можно проследить на примере модельной территории – одного из районов Москвы, отличающегося сложным сочетанием природных, социальных и функционально-планировочных особенностей.

Таблица 1

Градэкологические ограничения на модельной территории

Подгруппа ограничений	Виды ограничений	Показатели, ед. измерения	Нормативные данные	Фактические данные
Функционально-планировочная	Тип использования территории	Доля застраиваемых территорий, %	60-70	32
Техногенно-негативная (источники негативного воздействия)	Наличие свалок и полигонов складирования промышленных и бытовых отходов	Класс опасности, доля площади СЗЗ, %	I-V	I-V
	Наличие экологически опасных предприятий	Ширина СЗЗ, м	100-1000	50-500
Техногенно-ареальная (опасные техногенные поля)	Геохимическое загрязнение атмосферы, поверхностных вод	Площадь, га вид загрязнения, ПДК БПК ₅	>1 ПДК >4	92 % – > 4 ПДК 48% – > 10 ПДК от 1,3 до 20
	Радиационное загрязнение территории	Мощность гамма-излучений мкЗв/год	10	16
	Акустическая опасность	Уровень звука, дБ(А)	> 55 дБА	> 60 дБА
Законодательно-ограничивающая (по экологическим нормам)	Прибрежная полоса, водоохранная зона, м	Ширина, м	30 100-200	300
	Санитарно-защитные зоны ООПТ	Ширина, м	25-1000	14
	Охранная зона объекта культурного наследия	Площадь, га		7,8
	Рекреационные зоны	Площадь, га/чел	14	13,1

В Стратегии экологической безопасности отмечается недостаточность учета экологического фактора при градостроительной политике и освоении новых территорий, а также необходимость создания нормативно-правовой базы и применения экологической оценки при принятии планов и программ, обеспечивающих приемлемый риск для здоровья населения и природных компонентов [3].

Оценка опасности экологически негативных факторов, являющихся экологическими ограничениями, зависит не только от видов и интенсивности воздействия на территорию, но и реакции на него реципиентов, в первую очередь – человека. Функциональное зонирование в определенной степени отражает плотность населения.

На модельной территории выделяются согласно МГСН 1.01-99 57 функционально-планировочных элементов. Несмотря на пестроту их размещения, можно выделить относительно однородные зоны. Северная часть территории характеризуется сочетанием селитьбы с рекреационными площадями и наличием промышленной зоны с относительно незначительным негативным воздействием на прилегающие площади. На юго-востоке, наоборот – предприятия повышенного класса опасности в сочетании с коммунально-складскими зонами в пойме реки при отсутствии жилых зон и зеленых массивов. Средняя часть представлена совокупностью различных элементов функционально-планировочной структуры. На основании их сочетания и преобладания одного или нескольких из них возможно выделение нескольких территориальных зон. При этом необходимо учитывать, в какой геоэкологической обстановке находится человек.

Градостроительным регламентом устанавливаются ограничения или особый правовой режим использования земель, относимых к особо охраняемым территориям. На модельной территории к этой подгруппе относятся: водоохранная зона, СЗЗ, ООПТ, Охранная зона объекта культурного наследия, называемые ниже «особыми территориями». С одной стороны, они играют положительную роль, выполняя защитную функцию, с другой – сами попадают в зоны загрязнения, а с третьей – являются обязательными для проектировщиков и одновременно ограничивающими размещение проектируемых объектов.

По оценке экологической ситуации И.В. Ивашкиной [1] рассматриваемая территория относится к числу благоприятных. Однако при более детальном исследовании модельной территории нами было установлено, что эта оценка завышена.

На рассматриваемой территории было выявлено – 8 экологически опасных производств со складированием промышленных отходов (в том числе 1 и 2 классов опасности), 20 несанкционированных свалок и другие источники негативного воздействия. Такие объекты оказывают воздействие на прилегающие небольшие участки. Крупноплощадное распространение получило геохимическое загрязнение атмосферы и шумовое воздействие. Геохимическое и радиационное загрязнение почв, загрязнение растительности и поверхностных вод встречается локально. Кроме того, учитывалось микроклиматическое зонирование, выброс загрязненных веществ, сброс загрязненных сточных вод.

В основе создания карты экологических ограничений – принцип наложения 12 тематических слоев. Исходя из принятого критерия районирования территории по ограничениям для проектирования – степени их опасности, зависящей от параметров ограничений, а также от структуры реципиентов,

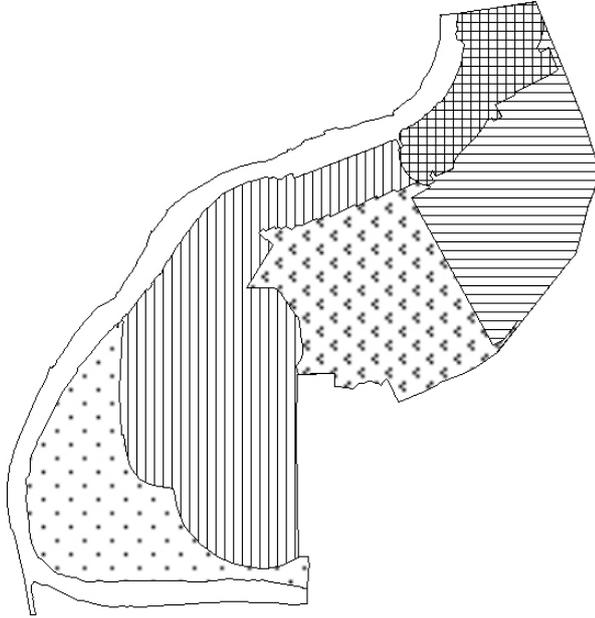


Рис.2 Схема районирования модельной территории по градоэкологическим ограничениям

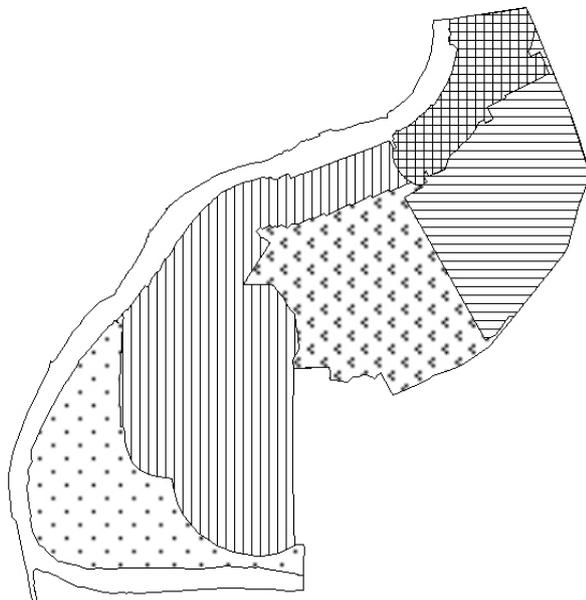


Рис.1 Схема районирования модельной территории по экологическим ограничениям



осуществлялась оценка 10 видов экологических ограничений с учетом площади их распространения по 10-балльной шкале. Для сопоставимости оценок здесь и ниже баллы ранжировались в соответствии со стоимостными показателями. В итоге совмещения тематических слоев и полученных количественных оценок на модельной территории было выделено 5 районов, различающихся условиями от благоприятных до весьма неблагоприятных по экологическим ограничениям (рис. 1). Максимальная разница оценок между районами – 5 раз.

Однако к одному и тому же экологическому ограничению уязвимость различных реципиентов, прежде всего – человека, будет неодинаковой. Поэтому карта экологических ограничений анализировалась совместно с картой функционально-планировочной структуры модельной территории с учетом размещения «особых территорий» и реакции реципиентов на негативное воздействие. Для получения комплексной оценки опасности градоэкологических ограничений они были представлены в виде трехмерной таблицы, где – строки элементы функционально-планировочной структуры со своими площадями и оценками уязвимости к определенному ограничению, а также площади «особых территорий», столбцы – экологические ограничения определенного вида и параметров на всей (или части) площади элемента. При количественной оценке 10 баллов отражали максимальные значения опасности ограничения и уязвимости реципиента (для элементов функционально-планировочной структуры); «особые территории» получили минимальный бал в силу выше названных особенностей. В итоге определились границы 5 однородных районов по градоэкологическим ограничениям (рис. 2), характеристика которых отражена в легенде (табл. 2).

Из таблицы видна неравномерность распространения как элементов функционально-планировочной структуры и «особых территорий», так и экологических ограничений. В итоге удельная оценка опасности градоэкологических ограничений в 5 районе превысила этот показатель в 1 районе в 2 раза. Близость значений оценок 2 и 3 районов объясняется большой долей уязвимых реципиентов: в 2 районе населения (здесь максимальная его плотность), в 3 – водоохранная зона (занимает почти половину территории района).

Сравнение двух карт показало, что границы районов градоэкологических ограничений отличаются от первой карты, что связано с уязвимостью реципиентов к экологическим ограничениям. Основные изменения произошли в южной части модельной территории. Относительно новые многоэтажные микрорайоны попадают в первые два наиболее благоприятных района (несмотря на наличие свалок в 1 районе и простирающиеся ареалы загрязнения атмосферного воздуха > 4 ПДК на 59% площади 2 района). Большой процент производственных площадей в первом районе нивелируется их относительной безопасностью и наличием озелененных площадей, в том числе ООПТ. Во 2 районе предприятия транспортного обслуживания занимают 1/4 часть территории, а жилые зоны 1/2. Среди экологических ограничений ведущее

место принадлежит загрязнению атмосферного воздуха и экологически опасным предприятиям.

Таблица 2

Характеристика районов по градоэкологическим ограничениям

№ района	Оценка благоприятности территории района для проектирования по степени опасности градоэкологических ограничений	Доля площади района от общей площади модельной территории, %	Количество, доля площади ограничений по подгруппам			
			Функционально-планировочная – количество элементов. шт.	Экологическая		Законодательно ограничиваемая, % от площади района**
				Объектная, шт.	Техногенно-аресальная, % от площади района*	
1	Благоприятный	19,2	4	5	62	112
2	Условно благоприятный	24,0	20	5	91	9
3	Условно неблагоприятный	30,7	9	7	97	63
4	Неблагоприятный	18,3	15	2	100	28
5	Весьма неблагоприятный	7,8	9	11	100	127

* с учетом совмещения нескольких полей экологических ограничений.

** превышение площади «особых территорий» общей площади связано: в 1 районе с перекрытием ООПТ водоохраной зоной, в 5 – с занятием половины территории водоохраной зоной.

В третьем районе преобладают производственные площади и отсутствуют жилые, 97% его площади попадают в ареалы геохимического загрязнения атмосферы (4 ПДК) и шумового загрязнения (60 дБА). На юге модельной территории выделяются два наиболее неблагоприятных района. Градоэкологические ограничения в 4 районе связаны с размещением предприятий высокого класса опасности. Последний район – производственная зона, здесь многие предприятия размещаются в водоохранной зоне. Обе эти территории попадают в ареал загрязнения атмосферного воздуха свыше 10 ПДК, наличия свалок и экологически опасных производств.

Основной природно-экологического каркаса модельной территории является пойма реки, на которой размещается ООПТ, рекреационная зона жилого квартала, но кроме того – крупные очистные сооружения и предприятия – источники негативного воздействия, последние необходимо выводить из водоохранной зоны.

Анализ карты градоэкологических ограничений позволил сделать следующие выводы: основные жилые зоны попадают в наиболее благоприятные по градоэкологическим ограничениям районы; основой природно-экологического каркаса модельной территории может служить пойма реки; однако в водоохранной зоне размещены крупные очистные сооружения, а также предприятия – источники негативного воздействия, последние необходимо выводить с этой территории; необходимо ликвидировать свалки на территории ООПТ, необходимо перепрофилировать или вывести экологически опасные предприятия, так как сложившаяся функционально-планировочная структура не позволяет соблюдать нормативы СЗЗ на всей данной территории.

Выявление и оценка градоэкологических ограничений на модельной территории показали, что пренебрежение ими недопустимо. Карта районирования урбанизированной территории по градоэкологическим ограничениям позволит обоснованно принимать решения при планировании градостроительной деятельности.

Литература

1. *Ивашкина И.В.* Геоэкологические основы территориального планирования города Москвы. Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. Москва. 2010. 159 с.
2. *Заиканов В.Г., Минакова Т.Б.* Геоэкологические ограничения и районирование урбанизированной территории для градостроительного проектирования (в этом же сборнике).
3. Нормы и правила проектирования планировки и застройки Москвы МГСН 1.01-99
4. Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года (Проект) // Природные ведомости. 2014 г. Вып. № 6. Изд-во МПРИЭ РФ. – 4 с.

ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ ДОЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ МОСКВЫ

О.К. Миронов

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН (ИГЭ РАН),
Москва, Уланский переулок, д. 13, стр. 2, а/я 145. E-mail: geoinf@geoenv.ru

Введение

Знание расположения геологических тел в пространстве необходимо для корректного проведения фундаментальных и прикладных исследований в разнообразных науках о Земле. Традиционные способы представления информации – геологические карты и разрезы – представляют собой лишь 2-мер-ные срезы геологической среды и не обеспечивают полноты информации.

Геологические данные по существу трехмерны, поэтому требуемую полноту информации могут представить только 3-мерные модели геологической среды. Далее рассматривается модель, представляющая согласованное геометрическое расположение 3-мерных геологических тел в 3-мерном пространстве. Такой класс моделей назван в [4] 3-мерной геологической картой.

В ИГЭ РАН для составления карты гидрогеологических окон [7] потребовалось составить 3-мерную геологическую карту дочетвертичных отложений на территории Москвы, соответствующую горизонтальному масштабу 1:10000, о которой и пойдет речь в настоящей работе.

Структура модели

Геологические тела в описываемой модели выделяются на основе стратиграфического подразделения.

Территория Москвы находится в центре Русской равнины, для которой характерен плавный процесс осадконакопления. Разрывные нарушения в мезозойских и каменноугольных отложениях на территории Москвы отсутствуют [5]. В этих условиях вертикальный порядок расположения геологических тел соответствует их возрасту. Геометрическое расположение каждого геологического тела в модели задается следующими данными:

- область распространения в плане,
- поверхность кровли,
- поверхность подошвы.

Модель строится последовательно снизу вверх. При сделанных предположениях поверхность подошвы следующего геологического тела определяется однозначно как поверхность кровли объединения нижележащих геологических тел (для самого нижнего – нижняя граница построения модели).

Таким образом, для построения модели достаточно последовательно снизу вверх определить области распространения геологических тел в плане и поверхности их кровель.

Цифровая модель поверхности кровли геологического тела задается одним из принятых в ГИС способов, обеспечивающем дальнейшее ее использование при построении вышележащих слоев модели и прикладных расчетах:

- в векторном формате – кусочно-линейная поверхность, определяемая по значениям высот в вершинах триангуляции;
- в растровом формате – как значения высот в узлах регулярной сетки.

Эти форматы обеспечивают возможность расчета необходимых в приложениях производных цифровых моделей: мощностей индивидуальных геологических тел и их объединений, уклонов и экспозиций склонов и т. п.

Приложения

Популярным, хотя и не основным, видом применения 3-мерных геологических карт служат разнообразные способы их визуализации. Не отменяя

интерес к наглядному представлению информации, остановимся на основных *практических* приложениях.

1. "Виртуальная скважина". Трехмерная модель обеспечивает сведения о последовательности залегания геологических тел, глубинах или абсолютных отметках их кровли и подошвы, мощности геологических тел в любой точке области моделирования. Эта информация может использоваться, например, при выборе места расположения проектируемого объекта, а также для определения объема детальных изысканий или типа проекта, если место расположения уже выбрано.

2. "Виртуальный разрез". Аналогично, для протяженного объекта (трассы коммуникаций) может быть автоматически построен геологический разрез вдоль заданной линии. Способ использования аналогичен описанному выше.

3. Районирование. Горизонтальные срезы геологической структуры на заданной абсолютной отметке или глубине от поверхности могут использоваться для разнообразных задач районирования. В частности, в [6] такие сечения используются для районирования по степени благоприятности освоения подземного пространства открытым и закрытым способами.

4. Геологическая картография. Необходимость вертикального согласования слоев 3-мерной геологической карты с выше и ниже лежащими слоями повышает обоснованность 3-мерной модели по сравнению с традиционным "ручным" способом составления геологических карт. Все трудности, связанные с обработкой исходной информации и ее гармонизацией, преодолеваются в процессе моделирования, после чего составление тематического слоя зонирования для геологической карты как 2-мерного среза по заданному возрасту отложений выполняется автоматически.

5. Получение исходной информации для прикладных расчетов. Данные 3-мерной геологической карты могут использоваться в разнообразных гидрогеологических, геотехнических и других расчетах.

Технологии построения модели

Исходные данные для составления 3-мерной модели коренных отложений Москвы – база данных колонок изыскательских скважин, созданная в процессе крупномасштабного геологического картографирования Москвы [5].

С точки зрения моделирования задача построения цифровой модели кровли поверхности есть задача интерполяции. Для обоснования корректности построения цифровой модели необходимо ответить на следующие вопросы, которые часто опускаются в работах по математическим методам в геологии:

– достаточно ли исходной информации для проведения корректного с геологической точки зрения расчета?

– можем ли мы быть уверены в достоверности исходных данных?

Практика работы с Московской базой данных показала, что ответ на оба эти вопроса, обращенные к этой базе исходных данных, отрицательный.

Трудности гармонизации исходной информации описаны в [2, 3]. Данные глубоких скважин расположены на территории города крайне нерегулярно. Расположение исходных данных не обеспечивает автоматическое выделение при интерполяции существенных особенностей погребенного рельефа. В силу этих причин непосредственное использование базы данных для проведения интерполяционных расчетов бессмысленно.

Выход из этой ситуации предложен в [4]. Данные скважин должны быть дополнены данными с геологических разрезов. При составлении разрезов специалист-геолог:

- распространяет данные скважин на профили в соответствии со своими представлениями о геологическом строении исследуемого участка,
- выполняет гармонизацию данных: согласование данных скважин, геологических карт, пересекающихся профилей.

Интерполяция по общим данным скважин и разрезов обладает большей достоверностью, и именно она используется для построения модели.

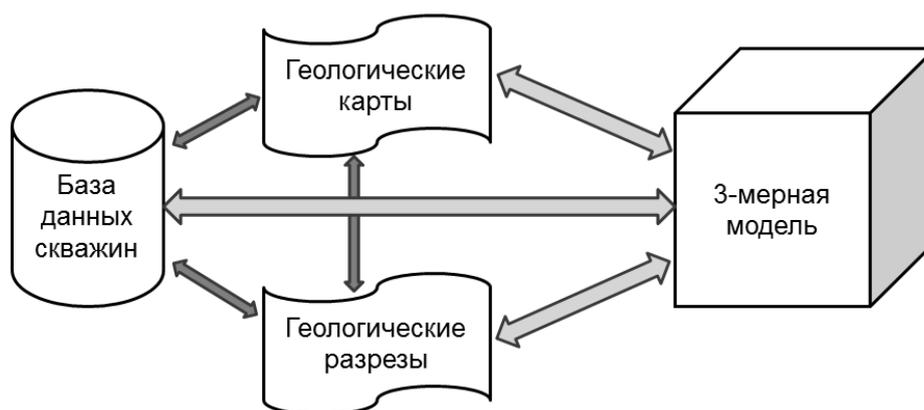


Рис. 1. Информационные связи между блоками исходной информации и 3-мерной моделью

Информационные взаимосвязи различных блоков при составлении 3-мерной модели показаны на рис. 1. Важно отметить, что достоверность данных ни одного из исходных блоков (колонок скважин, карт, разрезов) не может быть установлена изолированно от двух других блоков. При составлении 3-мерной модели используются дополнительные процедуры согласования данных.

Составление 3-мерной модели геологической среды – итеративный процесс, требующий постоянной взаимосвязанной корректировки всех трех компонент исходных данных, поэтому он должен опираться на эффективные, производительные и удобные для пользователя программные средства, обес-

печивающие интеграцию данных. Перечислим основные компоненты программного обеспечения, используемые для составления 3-мерной модели.

1. Ведение базы данных колонок скважин (описано в [4]).
2. Составление геологических карт (традиционные средства ГИС, описаны в [2]).
3. Подготовка эскиза, составление геологического разреза, модификация эскиза при изменении исходных данных. С точки зрения компьютерной картографии геологический разрез – это тоже карта, составляемая в специфической системе координат (поверхность отнесения вертикальна, имеется выделенное направление, вдоль которого возможно изменение масштаба). Для задач составления 3-мерной модели важна принципиальная схема разреза (залегание геологических тел), а полноценное оформление картографического произведения не обязательно – важна только наглядность для составителя. Эскиз разреза включает колонки скважин, пересечения с другими разрезами и с поверхностями, отображаемыми на картах. При изменении этих данных эскиз должен оперативно перерисовываться.
4. Сопоставление "скважины – карты" (описано в [2]). На карты выносятся необходимые для работы данные из колонок скважин, предусмотрен автоматический контроль соответствия данных.
5. Сопоставление "скважины – разрезы" (описано в [2]). На разрез выносятся чертеж колонок скважин. В процессе составления разреза возможен просмотр и, при необходимости, корректировка содержимого базы данных колонок скважин, оперативно отображаемая на разрезах.
6. Сопоставление "разрезы – карты" (описано в [4]). На разрез выносятся отображенные на картах границы геологических тел, а на карты вдоль профилей – распространение этих тел на разрезах.
7. Сопоставление "разрезы – разрезы". На разрез выносятся пересечения его с другими разрезами. Предусмотрен автоматический контроль соответствия данных.
8. Отбор данных для интерполяции (границы области определения поверхности и значения в исходных точках) и сопоставление их с цифровыми моделями нижележащих слоев.
9. Построение цифровой модели поверхности.
10. Средства визуализации 3-мерной модели. Цель визуализации – проверка соответствия составляемой модели геологическим представлениям специалиста. Предусмотрено графическое представление информации в виде, удобном для восприятия и работы.

Практическая реализация

Трехмерная модель дочетвертичных отложений Москвы была составлена на основе стратиграфического деления, принятого при составлении геологических карт дочетвертичных и каменноугольных отложений Москвы масштаба 1:10000 [1]. Выделяются геологические тела 13 типов (т. е. легенда 3-мерной геологической карты состоит из 13 элементов):

(1) Нерасчлененные меловые отложения (К).

(2-4) 3 яруса юрских отложений: нерасчлененные титонские (J₃tt), келловей-оксфордские (J₂₋₃k-o), бат-келловейские (J₂bt-k).

(5-12) Подсвиты (толщи) верхне-каменноугольных отложений: русавкинская (C₃rs), трошковая (C₃tr), измайловская (C₃izm), мещеринская (C₃msč), перхуровская (C₃pr), неверовская (C₃nv), ратмировская (C₃rt), воскресенская (C₃vs).

(13) Нерасчлененные (вследствие отсутствия маркирующего горизонта) отложения суворовской свиты верхне-каменноугольных отложений (C₃sv) и отложения средне-каменноугольного возраста (C₂).

Для составления 3-мерной модели была использована информация более 16000 скважин, вскрывших коренные отложения. Составлены разрезы по 255 профилям общей протяженностью более 2000 км.

Для составления карты гидрогеологических окон [7] на территории Москвы из 3-мерной модели были получены данные о мощностях слабопроницаемых слоев, которые вместе с данными о коэффициентах фильтрации и уровнях водоносных горизонтов были использованы для расчета времени фильтрации загрязнений с поверхности в подольско-мячковский водоносный горизонт.

Литература

1. Кутепов В.М., Анисимова Н.Г., Ерёмина О.Н., Кожевникова И.А., Козлякова И.В. Карта дочетвертичных отложений как основа крупномасштабного геологического картирования территории г. Москвы. Геоэкология. 2011. №5. С. 399-410.

2. Миронов О.К. Геоинформационные технологии для составления крупномасштабных геологических карт территории Москвы. Геоэкология, 2011, №3. С. 200-216.

3. Миронов О.К., Викторов А.А., Фесель К.И. О проблемах ведения баз данных фондовой информации. Геоэкология, 2011, № 5. С. 455-464.

4. Миронов О.К., Пикулик Е.А., Фесель К.И. О понятии трехмерной геологической карты. Геодезия и картография, 2011, №6. С. 36-41.

5. Осипов В.И., Антипов А.В. Принципы инженерно-геологического районирования территории Москвы // Геоэкология. 2009. №1. С. 3-13.

6. Осипов В.И., Кутепов В.М., Анисимова Н.Г., Кожевникова И.А., Козлякова И.В. Районирование геологической среды г. Москвы для целей строительства объектов с заглубленными основаниями «Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геоэкология», № 3 2011. С. 227-237

7. Позднякова И.А., Галицкая И.В., Миронов О.К., Костикова И.А., Дорожко А.Л., Батрак Г.И., Матвеева Л.А., Фесель К.И. Выявление гидрогеологических окон на основе крупномасштабного картирования геологического строения и гидрогеологических условий территории г. Москвы // Геоэкология. 2015 (в печати)

СОВРЕМЕННЫЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ МЕЛКОГО МАСШТАБА КАК ОСНОВА БЕЗОПАСНОГО РАЗВИТИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Ив. И. Молодых

ФГУП ВСЕГИНГЕО, Московская обл., Ногинский р-н, пос. Зелёный.
E-mail: ivanmolodykh@yandex.ru

Интенсивное использование урбанизированных территорий часто происходит без учёта последствий трансформации геологической среды под воздействием комплекса техноприродных факторов и условий [1]. Поэтому возможные нарушения устойчивости массивов горных пород и соответствующие превентивные защитные меры должны быть рассмотрены и обоснованы не только при непосредственной разработке различных инвестиционных проектов, но также заблаговременно, на предпроектных стадиях, что позволит избежать значительных ущербов при освоении и развитии урбанизированных территорий. Для обеспечения устойчивого развития регионов страны, перспективного планирования размещения объектов, решения задач по рациональному размещению производительных сил и других проблем рационального использования природной среды необходимо всестороннее обоснование выбора оптимальных для освоения и использования площадей с учётом сложности инженерно-геологических условий (ИГУ). В качестве одного из способов обоснования стратегии безопасного развития урбанизированных территорий является создание нового поколения инженерно-геологических карт масштаба 1:1000000 в границах листов международной разграфки. Это обусловлено наличием значительных территорий, где ИГУ изучены крайне неравномерно, но в связи с перспективами освоения, возникает острая необходимость в современной региональной инженерно-геологической информации. В первую очередь это относится к структурированным и актуализированным сведениям о составе и свойствах геологической среды, их изменении при строительном и хозяйственном освоении, устойчивости массивов горных пород, активности опасных геологических процессов, факторах и условиях их распространения, интенсивности техногенных воздействий, а также о перспективах их безопасного использования. Для создания таких карт необходимо наличие современной нормативно-методической базы региональных инженерно-геологических исследований, учитывающей возросшие требования к составу и содержанию обосновывающего материала. В институте ВСЕГИНГЕО завершены работы по формированию требований к содержанию инженерно-геологических карт масштаба 1:1 000 000, как первого федерального методического документа по современному мелкомасштабному инженерно-геологическому картографированию (с участием С.Н. Чекрыгиной и В.Н. Андрианова). Сформированы основные требования к информации

онному наполнению, составу комплекта карт инженерно-геологической направленности, рассмотрены цели и задачи работ, охарактеризованы объекты картографирования с использованием ГИС-технологий. Целью настоящих работ является инженерно-геологическое обоснование создания картографической информационной системы федерального уровня для решения региональных задач по изучению, оценке состояния и управлению государственным фондом недр в части инженерно-геологических, геокриологических и геоэкологических условий; развитию государственного мониторинга состояния недр; инженерно-геологическому обеспечению планирования размещения объектов инфраструктуры минерально-сырьевой базы, крупномасштабных и специальных инженерно-геологических работ, мероприятий по рациональному использованию территорий на ранних стадиях проектирования, безопасности объектов экономики и населения от проявлений опасных природных и техноприродных процессов; выявлению степени сложности инженерно-геологических условий и характера распространения экзогенных геологических процессов (ЭГП), типов и видов техногенных трансформаций геологической среды. Место, занимаемое полистным инженерно-геологическим картографированием масштаба 1:1 000 000 среди региональных инженерно-геологических работ, определяет круг решаемых задач, в числе которых также выделяется оценка устойчивости геологической среды с учетом воздействия сложного комплекса техноприродных факторов и условий.

Целью инженерно-геологического картографирования является отображение в рамках ГИС картографической модели: особенностей ИГУ, состава, состояния и свойств пород, оценки пригодности территории для хозяйственного освоения; комплексных оценок ИГУ; результатов региональных инженерно-геологических работ и изучения закономерностей пространственного распространения и формирования состава и свойств горных пород как оснований сооружений и среды воздействия техногенных элементов; особенностей проявления эндогенных и экзогенных геологических процессов, их режима и периодичности; специфических свойств пород, влияющих на устойчивость зданий и сооружений; выявление основных тенденций изменения ИГУ под влиянием комплекса техноприродных факторов и условий; характера техногенной трансформации инженерно-геологических условий; оценка изменений ИГУ под воздействием техногенеза. Основные задачи работ по информационному наполнению инженерно-геологических карт: выявление природных условий и факторов, определяющих: специфику зональных и региональных факторов ИГУ территории листа; выявление и картографирование компонентов ИГУ в сфере взаимодействия инженерных сооружений с геологической средой; выявление условий устойчивости геологической среды, активности и поражённости территории проявлениями ЭГП, условий их развития, выявление и прогноз возможных изменений геологической среды; инженерно-геологическое районирование территории; выявление основных типов техноприродных систем и факторов, воздействующих на изменение устойчивости геологической среды; обоснование защитных мероприятий для минимизации ущербов от проявлений современных геологических про-

цессов и снижению уязвимости территорий и объектов экономики; обоснование мероприятий по повышению эффективности систем мониторинга. Для криолитозоны в перечень задач дополнительно входят: выявление региональных закономерностей распространения, формирования и развития криогенных толщ горных пород; геокриологическое районирование территории (на основе комплекса физико-географических и геолого-гидрогеологических условий); характеристика состава и свойств криогенных толщ как оснований инженерных сооружений; выявление особенностей динамики геокриологических процессов и последствий их проявлений [2].

Объектами мелкомасштабного инженерно-геологического картографирования являются: геологические тела различного генезиса, возраста, состава, состояния, обладающие специфическими инженерно-геологическими свойствами (по показателям механической прочности, водоустойчивости, растворимости, просадочности, набухаемости, проницаемости, пористости, тиксотропности и пр.), а также обладающие специфическими по отношению к оценкам устойчивости инженерно-геологическими свойствами (кора выветривания, лессовые покровы, сезонно талый слой, массивы карстующихся пород, слабые грунты и пр.) и условиями залегания; формы проявления геологических процессов; геологические тела различного возраста; формы рельефа; техногенные и техногенно-измененные породы; территории техногенного воздействия (источники и виды техногенной нагрузки, характер и степень техногенной нарушенности геологической среды и пр.).

Глубинность картографирования ограничивается глубиной активного воздействия сооружений массового строительства на инженерно-геологические свойства пород и составляет от 10-20 м., до 50 м.

Изучению и картографированию подлежат: стратиграфо-генетические и формационные комплексы пород; структурно-тектонические элементы; гидрогеологические условия; геоморфологические условия; геокриологические условия; парагенетические ассоциации проявлений экзогенных и эндогенных геологических процессов; техногенные изменения геологической среды (активизация ЭГП, региональные нарушения компонентов ландшафта, загрязнение геологической среды и пр.).

Основными материалами комплекта инженерно-геологических карт масштаба 1:1 000 000 является единый комплекс взаимосвязанных и взаимоувязанных синтетических и аналитических карт и обосновывающих материалов.

А. Основные карты:

- инженерно-геологических условий;
- инженерно-геологического районирования;
- интегральной оценки геологических условий, направленности региональных изменений геологической среды и геологических опасностей
- устойчивости геологической среды к техногенным нагрузкам;
- природного геологического риска;
- схема техногенной нагруженности.

Б. Результаты оценок основных геологических опасностей освоения территорий и возможных изменений ИГУ под влиянием техногенеза, отражённые на следующих дополнительных картах, которые, по сути, являются отдельными слоями карты инженерно-геологических условий.

В. Базы данных инженерно-геологической картографической и фактологической информации.

Карты инженерно-геологических условий и районирования, как традиционные формы представления инженерно-геологической информации, необходимы для выявления региональных и зональных факторов, определяющих состояние геологической среды. Природные и техногенные факторы должны быть отражены в максимально возможной степени, поскольку они в равной степени способны оказывать влияние на формирование и развитие геологических опасностей.

Принципиально новым моментом современного инженерно-геологического картографирования является включение в комплект карт техногенной нагруженности, устойчивости и риска.

Оценочно-прогнозные карты устойчивости геологической среды к техноприродным нагрузкам являются средством моделирования состояния геологической среды, оценки и прогноза её поведения при совокупном воздействии природных и техногенных факторов [3]. На этих картах отражаются результаты оценок уязвимости геологической среды и техногенных объектов проявлениям опасных природных и техноприродных процессов, специфики пространственного распределения неравновесных структур и прогнозные оценки развития негативных для освоения ситуаций. Здесь же отражается степень природной опасности территории.

Карты природного риска (методология составления которых разработана под руководством А.Л. Рагозина), представляющие результаты риск-анализа, применительно к специфике решаемых задач, следует рассматривать как наиболее современную и оптимальную для обоснования предпроектных и проектных разработок карту инженерно-геологического районирования. В этих материалах могут быть отражены как интегральные риски проявления отдельных природных и техноприродных процессов (например, сейсмической, оползневой, карстовой, паводковой опасностей), так и общие природные риски.

Аналитическая схематическая карта техногенной нагруженности должна содержать следующую информацию: преобладающий состав (выделение массивов слабых грунтов, просадочных, особого состава и свойств и пр.); преобладающие виды техногенных объектов; проявления различных типов и видов ЭГП, поражённость; проявления техногенно обусловленных ЭГП; изменение гидрогеологических условий; оценки геоэкологического состояния территорий; зонирование по уровню геоэкологической опасности.

База данных содержит структурированную фактологическую и картографическую информацию об исходных данных картографирования, результатах анализов и определений (частные, расчётные, нормативные), стратеги-

графо-генетических комплексах (состав, структура, генезис и пр.), экзогенных геологических процессах (феноменология, приуроченность, активность, поражённость и пр.), изученности, дистанционной основе, техногенной нагруженности и дополнительных материалах (любая информация, которая может быть важной при обосновании комплекса ИГУ листа, а также результаты собственных работ и работ предшественников, имеющих ценность для дальнейших исследований).

По типу «объекта» информация дифференцируется на первичную (объект – природные образования) и вторичную (объект – трансформированный и соответствующим образом преобразованный массив первичной информации). База данных включает структурированные реляционные базы первичных фактографических и картографических данных, корреспондирующихся с ГИС-пакетом, а также базы данных пространственной инженерно-геологической, геолого-гидрогеологической и др. информации в формате ГИС-пакета, обменном формате и растровые данные. Первичная информация концентрируется в реляционной БД, итоговые материалы – в форматах ГИС-пакета.

Представленная система требований к мелкомасштабным инженерно-геологическим материалам для обоснования на предпроектных этапах безопасного развития урбанизированных территорий показывает, что обоснование мер по поддержанию устойчивости территорий следует рассматривать с позиций выявления условий формирования и развития структур, влияющих на равновесное состояние геологической среды. Необходима превентивная разработка комплексных программ защитных мероприятий, повышающих её устойчивость к возможным негативным ситуациям, в которых должны быть предусмотрены технические, организационные, информационные и другие меры, базирующиеся на обосновывающей, соответствующим образом трансформированной инженерно-геологической информации.

Литература

1. *Осипов В.И.* Природные катастрофы на рубеже XXI века // Вестник РАН, том 71, №4, с. 291-302, 2001 г.
2. *Молодых Ив.И.* Проблемы инженерно-геологических оценок предкризисных ситуаций // Сергеевские чтения. Выпуск 12. 2010. с. 460-465.
3. *Трофимов В.Т., Красилова Н.С.* Карты оценки устойчивости геологической среды к природным и техногенным воздействиям // Новые типы инженерно-геологических и эколого-геологических карт. Труды Международной научной конференции. М. МГУ. 2001, с. 58-60.

СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА КРУПНОМАСШТАБНОГО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ В ГОРНЫХ ОБЛАСТЯХ

С.А. Несмеянов, О.А. Вадачкоря, О.А. Воейкова, А.А. Мурий

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН (ИГЭ РАН),
Москва, Уланский пер., д. 13, стр. 2, а/я 145.
E-mail: voa49@mail.ru; vadachkoria@mail.ru; amuriy@gmail.com

Методика учета структурно-геоморфологических условий при крупномасштабном инженерно-геологическом картировании горных областей разработана явно недостаточно. Эти условия существенно различаются в зависимости от сочетания ряда факторов: сложности разновозрастных тектонических деформаций, различия морфологии и планового расположения новейших и более древних структур, соотношения наклона пород с уклонами рельефа, распределения и мощности основных литолого-стратиграфических комплексов, распределения активных разрывов, величины их активности и мощности разрывных зон активных и древних разрывов [1-7]. От этих же факторов зависит возникновение и интенсивность проявления большинства опасных экзогенных процессов.

В качестве типовых выбраны два ключевых района в пределах активно застраиваемого приморского региона Большого Сочи, для которого характерно существенное различие новейшего и более древнего структурных планов [2-5]. Большинство перечисленных факторов рассматривается на тектонически относительно простом участке пос. Лазаревский [7]. Наиболее сложные тектонические условия, особенно в отношении разрывной тектоники, характерны для бассейна р. Мзымты. Здесь эта сложность обусловлена сочленением трех крупных шовных зон: поперечной к мегасводу Большого Кавказа Пшехско-Адлерской зоны, разделяющей западный и центральный сегменты этого мегасвода, и двух продольных – Воронцовской шовно-блоковой и Мзымтинской шовно-депресссионной [3].

Доновейший структурный план (в данном случае позднегеосинклинальный) изучается в процессе геологической съемки и определяет пространственное распределение главных литологических комплексов пород и связанных с ними особенности локализации опасных геологических процессов. Позднегеосинклинальный структурный план определяет также расположение крупнейших приразрывных зон дробления и основные черты распределения наклона слоев в скальных массивах.

Новейший структурный план определяет основные элементы современного горного рельефа и изучается преимущественно в процессе структурно-геоморфологических исследований. Новейшие структуры фиксируются по деформациям соответствующих (обычно неоген-четвертичных) образований террасового генетического комплекса, а также аномальным (по отношению к

обусловленным денудацией) элементам рельефа, которые изучаются с помощью геоморфологического анализа. Новейшие структуры определяют главные геоморфологические особенности локализации опасных геологических процессов. Кроме того, новейший структурный план обуславливает расположение наиболее подвижных разрывных зон [3-6]. Для их трассировки при инженерно-геотектонических исследованиях эффективно применение объемного моделирования горного рельефа [1].

Активность разрывных смещений изучается исходя из возрастного расчленения рельефа и трассировки разновозрастных геоморфологических уровней. Их вертикальные амплитуды разрывных деформаций могут измеряться непосредственно на специальных геоморфологических профилях, проведенных по водоразделам разных порядков. При фиксации смещений нескольких уровней определяются поэтапные смещения. Абсолютная возрастная датировка этих этапов позволяет получить поэтапные скорости разрывных смещений, а сравнение таких скоростей – определить тенденцию новейшего развития разрывных смещений. В большинстве орогенных регионов наблюдается последовательный рост этих скоростей. Но этот рост неравномерен. Наблюдается увеличение скоростей в неоплейстоцене на порядок величин по сравнению с неогеновыми скоростями. Гораздо сложнее учитывать сдвиговые смещения. Они чаще всего фиксируются по искривлению русел рек ручьев [4].

Основные стратиграфо-литологические комплексы пород определяют распределение многих опасных процессов. На территории г. Сочи наиболее широко развиты: глинисто-сланцевая аспидная формация нижней и средней юры; формация терригенно-карбонатного флиша верхней юры – нижнего мела; формация карбонатного (известково-мергелистого) флиша верхнего мела. Палеоцен-миоценовые отложения представлены в основном мергелями, глинами, в том числе карбонатными, алевролитами, песчаниками, конгломератами.

Геоморфологическая и климатическая обусловленность мощности коры выветривания в разрывных зонах. Наиболее мощными разрывными зонами обладают региональные разрывы. Ширина древних разрывных зон может достигать нескольких сотен метров, а новейших – до 150 м [4]. В пределах этих зон мощность коры выветривания, как правило, увеличивается, что характерно для разных высотно-климатических поясов. Для высокогорья характерен морозно-физический тип выветривания, для среднегорья – физико-химический, а для низкогорья – химико-физический. Полный профиль коры выветривания включает мелкодисперсную, щебнистую, глыбовую и скрытотрещиноватую подзоны. На северном склоне хр. Аибга преобладают глыбовые, щебнисто-глыбовые коры. На водораздельных и уплощенных участках селективные коры в разрывных зонах могут достигать глубины 50 м. Ближе к лесной зоне такие коры могут проникать по разрывным зонам на глубину до 200 м. В этих зонах возможна сезонная или постоянная разгрузка подземных вод, что способствует проявлению оползневых и других сейсмогравитационных процессов [2].

Соотношение наклона пород с уклонами, т.е. соотношение углов наклона смятых в складки до новейших отложений с распределением углов современных склонов, определяющее устойчивость откосов при строительстве. При этом важно выявлять участки, благоприятные для проявления так называемой “сбрасывающей” трещиноватости, когда крутизна склона, в том числе и подрезанного, больше угла наклона пластов. Учитываются также дополнительные факторы, например, наличие пластичных прослоев, по которым может происходить соскальзывание массивов. В каждом конкретном случае дополнительно учитываются: подверженность пород выветриванию и гравитационному смещению; наличие выходов подземных вод на склонах и в их основании; развитие процессов эрозии и абразии, стимулирующих оползнеобразование; возможное влияние техногенных факторов (подрезки склонов, вибрации, утечки из водопроводных и канализационных сетей) и др.

При картировании выделяются также участки развития интенсивной мелкой складчатости, которая препятствует такому “соскальзыванию” и способствует устойчивости склонов практически любой крутизны.

Для построения карты уклонов используются возможности, предлагаемые современными программными средствами. Полевой контроль вычислений осуществлялся на ключевых участках, характеризующих основные элементы рельефа. Для последующего анализа важно наметить “каркасные” линии рельефа – водоразделы и тальвеги разных порядков, бровки перегибов склонов, уступы продольных и форму поперечных профилей долин, генезис рыхлых грунтов на участках их повышенной мощности и т.п. [7].

Зависимость густоты и набора типов активных разрывов от детальности исследований изучалась в районе наиболее сложных тектонических условий (долина р. Мзымты). Здесь специализированные структурно-геоморфологические исследования в зависимости от их детальности позволяют выявлять не только разное количество активных разрывов, но и различные их кинематические типы [5]. Так, среднемасштабные (1:200 000) исследования выявили преимущественно сбросы [3]. При крупномасштабных (1:50 000 и 1:25 000) исследованиях количество выявленных локальных сбросов увеличивается, обнаруживаются сбросо-взбросы, взбросо-надвиги и локальные циркуобразные сбросы, осложняющие поднятые крылья крупных разрывов, а также флексуры и зоны повышенной трещиноватости. Подобное изменение масштабов исследований обусловило увеличение числа активных разрывов в 3-4 раза. Дальнейшее укрупнение масштаба работ (до 1:10 000) приводит к меньшему (примерно в 1,5 раза) увеличению числа активных разрывов, но также и к выявлению большего количества безамплитудных зон повышенной трещиноватости. В отдельных случаях смена масштабов исследований приводит к необходимости переинтерпретации кинематики выделенных ранее разрывных структур. В пределах отдельных флексур обнаруживаются локальные разрывные смещения. При инженерных изысканиях важно проводить изучение активных разрывов в том же масштабе, что и инженерно-геологическое районирование. В противном случае возможен пропуск части активных структур [6].

Комплексный учет структурно-геоморфологических условий может опираться на составление ряда схем (неоструктурного районирования, доновейших структур, строения образований бассейнового и террасового генетических комплексов, мощностей рыхлых грунтов, распределения уклонов земной поверхности и углов наклона слоистых толщ и пр.), набор которых меняется в соответствии с конкретной геолого-геоморфологической ситуацией. На основе этих схем может составляться схема районирования по условиям строительства. Содержание такой схемы существенно зависит от сложности тектонических условий, особенно от густоты разрывных структур.

В относительно *простых тектонических условиях* сохраняется традиционное стремление при районировании по условиям строительства на структурно-геоморфологической основе предусматривать выделение таксономических единиц четырех уровней (аналогов областей, районов, подрайонов и участков). При этом на разных уровнях ведущими традиционно служат различные признаки.

Так, на первом уровне (выделение аналогов областей) ведущим является наиболее общий неоструктурный признак, а границами областей обычно служат новейшие разрывы и флексуры, контролирующие блоковое строение территории.

На втором уровне (аналоги районов) целесообразно выделять геоморфологические элементы (выположенные водоразделы, склоны различной крутизны, террасы, поймы и пляжи, конусы выноса и шлейфы), каждый из которых характеризуется не только однотипными уклонами поверхности, но и главным образом, типом геологического разреза в зоне влияния сооружений.

Третий уровень таксонов (аналог подрайонов) учитывает пространственное взаимоотношение падения пластов и ориентировки склонов. На четвертом уровне производится выделение участков по соотношению величин углов склонов (β) и падения пород (α).

Районирование завершается типизацией участков по степени благоприятности для строительного освоения на основе набора признаков, определяющих развитие склоновых процессов. Районирование завершается типизацией выделенных единиц высших порядков по степени благоприятности для строительства [7].

В наиболее *сложных тектонических условиях* с большой густотой активных разрывов рассмотренная выше иерархическая схема нарушается, поскольку рубежи многих, если не всех уровней таксонов определяются расположением активных разрывов и зон приразрывного дробления по древним разрывным зонам [4].

Схему районирования по условиям строительства целесообразно строить на основе комплексной схемы структурно-геоморфологических условий, разные сочетания которых определяют типизацию различных инженерно-геологических таксонов.

Литература

1. Вадачкория О.А., Воейкова О.А., Мурый А.А., Несмеянов С.А. Объемное моделирование горного рельефа при инженерно-геотектонических исследованиях // Сергеевские чтения. 2009. В. 11. С. 105-109.
2. Вадачкория О.А., Воейкова О.А., Мурый А.А., Несмеянов С.А. Тектонические условия строительства горного кластера Олимпийских объектов Большого Сочи // Тектоника складчатых поясов Евразии: сходство, различие, характерные черты новейшего горообразования, региональные обобщения. XLVI Тектоническое совещание материалы XLVI Тектонического совещания. Том I. М.: ГЕОС, 2014. С. 32-36.
3. Несмеянов С.А. Неоструктурное районирование Северо-Западного Кавказа (опережающие исследования для инженерных изысканий). М.: Недра. 1992. 254 с.
4. Несмеянов С.А. Инженерная геотектоника. М.: Наука. 2004. 780 с.
5. Несмеянов С.А., Воейкова О.А. Инженерно-геотектонические исследования в горно-приморских регионах // Сергеевские чтения. 2010. В. 12. С. 217-221.
6. Несмеянов С.А., Воейкова О.А., Мурый А.А. Детализация схемы активных разрывов для инженерных изысканий в горной области (на примере бассейна р. Мзымты на Кавказе) // Геоэкология. № 5. 2011. С. 450-454.
7. Несмеянов С.А., Хайме Н.М., Измайлов Я.А. Структурно-геоморфологические исследования при крупномасштабном инженерно-геологическом районировании Лазаревского участка Большого Сочи. // Геоэкология. 1993. № 4. С. 31-48.

ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ КАК ОСНОВА ТИПИЗАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИНЖЕНЕРНО- ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

Л.П. Норова, Т.Н. Николаева

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 199106, Санкт-Петербург,
21 линия, д.2, Россия. E-mail: larisatorova@rambler.ru, t_nikol56@mail.ru

Санкт-Петербург изначально развивался по генеральному плану под непосредственным контролем главы российской империи. Это были комплексные программы развития всех сфер жизни города, которые включали систему функционального зонирования, межевания. За всю историю города было разработано двадцать генеральных планов. Среди них можно отметить первые, которые были составлены архитекторами Д. Трезини и Ж.Б. Леблонном (1717), П.М. Еропкиным (1737), Санкт-Петербургской Академией наук и художеств в виде альбома (1748-1749) и др. Планы Петербурга первой половины XIX в. создавались на основе съемок, производимых Военно-топографическим Депо. Во второй половине XIX в. появляются тематические планы города, наглядно изображающие многоликий образ северной столицы. Особую популярность в этот период имели планы, издаваемые в самом крупном в дореволюционной России «Картографическом заведении А. Ильина» с

1868 до 1917 г. Эти планы отличались точностью, тщательностью исполнения и хорошим оформлением.

В начале XX в. постепенно сложилось близкое к современному понимание генерального плана развития города как комплекса социально-экономических, инженерных, градостроительных мероприятий, рассчитанных на 10-25 лет. Так, планы Ленинграда 1935 и 1948 г. (план восстановления и развития города) делали акцент на сохранение центра и смещение строительства к окраинам. В послевоенное время в Ленинграде, как и в других мегаполисах, наблюдался бурный рост жилищного и промышленного строительства, что потребовало проведения большого объема инженерно-геологических изысканий. Соответственно, инженерно-геологические проблемы градостроительства находились в поле зрения как специалистов геологических, изыскательских организаций, так и вузов Ленинграда. Вопросам градостроительства посвящены, например, многие статьи, доклады проф. В.Д. Ломтадзе, сотрудников и аспирантов кафедры инженерной геологии на всесоюзных, межведомственных, региональных совещаниях. На Всесоюзном совещании 1976 г. в Ленинградском горном институте (ЛГИ) «Инженерно-геологические проблемы градостроительства» были выделены в отдельную тему IV.

Под региональным инженерно-геологическим изучением понималось комплексное геологическое исследование какой-либо территории, направленное на решение задач, связанных с проектированием и строительством различных сооружений и ее многоцелевым хозяйственным использованием. Подчеркивалось, что такие исследования представляют собой дальнейшее геологическое изучение территорий в определенном аспекте, тогда как их общее геологическое изучение с той или иной степенью детальности уже выполнено и фактический материал для региональных инженерно-геологических обобщений имеется.

В 1958 году начиналась работа по составлению Генерального плана строительства Ленинграда в новых расширенных границах. В работе по его геологическому обоснованию непосредственно участвовал В.Д. Ломтадзе. Эта коллективная работа (Сводный отчет. Авторы: Шевченко С.Р., Ломтадзе В.Д. и др. Геология, гидрогеология и инженерная геология Ленинграда. СЗТГУ, 1967) получила очень высокую оценку. На основе полученного фактического материала была составлена карта инженерно-геологического районирования, принципы которого разработаны В.Д. Ломтадзе. Территориальные единицы инженерно-геологических районов на этой карте выделялись на основе комплексной оценки всей совокупности природных факторов. Степень пригодности того или иного участка территории для строительства определялась при учете рельефа местности, несущей способности грунтов оснований зданий, глубины залегания уровня грунтовых вод, наличия и степени заболоченности и заторфованности, затопляемости, геологических процессов. Все эти природные факторы определяют вид и объем инженерной подготовки, а также условий строительства и устойчивости зданий в период эксплуатации. В пояснительной записке подробно дана методика оценки каждого

природного фактора при районировании. В 1968-71 гг. были опубликованы статьи В.Д. Ломтадзе о задачах инженерно-геологического районирования [2,3]. Следует отметить, что на этом этапе инженерно-геологическому изучению подверглась только верхняя часть разреза (до 10-15 м).

В процессе дальнейшего развития города при проектировании линий метрополитена, трасс глубинных магистральных коллекторов, канализационных, очистных и других сооружений накапливался материал и появлялся опыт строительства в сложных инженерно-геологических условиях (ИГУ) на участках, требующих значительной инженерной подготовки к освоению под застройку. Современные градостроительные тенденции потребовали комплексного освоения городского подземного пространства. Соответственно, при работе над обоснованием Генерального плана 1987 г. использовались новые методические подходы к районированию и зонированию территории [1]. При этом специальное направление регионального изучения городской территории (1965-1985) включало следующие задачи: 1) систематизацию разнообразных материалов инженерно-геологических исследований; 2) разработку принципов крупномасштабного картирования геологической среды в пределах глубин от 0 до 60 м; 3) типизацию ИГУ территории; 4) комплексное освоение городского подземного пространства согласно современным градостроительным тенденциям.

На основе типизации инженерно-геологических условий, осуществленной на кафедре инженерной геологии ЛПИ, были выявлены и закартированы территории с существенными различиями геологического строения. Выделены районы с мощной толщей слабых четвертичных отложений (от 50 до 100 м), районы относительно неглубокого залегания выровненной кровли коренных вендских глин (на глубинах от 20 до 50 м), локальные поднятия, где кровля котлинских глин перекрывается маломощным четвертичным чехлом (менее 20 м). Затем были учтены различия геологического строения толщи четвертичных отложений, влияющие на условия реализации конкретных планов освоения подземного пространства города. Подробному рассмотрению на следующем этапе подверглись толща слабых поздне- и послеледниковых отложений и характер изменения глубины залегания кровли лужской морены, которая часто рассматривалась в качестве надежного основания наземных сооружений. Также были предложены рекомендации по проведению проектно-изыскательских работ на территории города.

С использованием описанного принципа по сравнительно простой схеме нами было выполнено районирование участка «Каменка», расположенного на северо-западе Приморского района, являющегося одним из самых динамично развивающихся в Санкт-Петербурге [4]. До глубины 20 м в геологическом строении рассматриваемой территории принимают участие четвертичные отложения различного генезиса. Коренные глинистые породы верхнего протерозоя (вендская система, верхнекотлинская подсвита) подстилают четвертичную толщу и вскрыты единичными скважинами на глубине 41 м.

В основу типизации изучаемой территории были положены ведущие факторы формирования инженерно-геологических условий. В соответствии с

положением кровли лужской морены выделены участки с 5 типами геологических разрезов (рисунок). При этом для каждого выделенного участка определена категория сложности ИГУ, оценена возможность строительства на естественном основании или на сваях разной длины. По глубине залегания грунтовых вод, величине местных напоров, строению верхней части разрезов до несущего горизонта были обоснованы условия инженерной подготовки территории к застройке и освоению. Отдельно показана такая информация, как угроза прорыва напорных вод при проходке котлованов и траншей глубиной более 2 м, «гидравлические окна» – участки связи полустрововского напорного водоносного горизонта с грунтовыми водами, агрессивность подземных вод.

Участки с развитием инженерно-геологических условий I типа в целом благоприятны для использования под застройку, возможно возведение любых зданий на фундаментах мелкого заложения.

Участки II типа отличаются от вышеописанных возрастающей мощностью озерно-ледниковых отложений. При строительном освоении существенное значение приобретают гидрогеологические условия. Выделяются площади с возможным прорывом напорных вод в котлованы и траншеи глубиной 3-5 м, на которых следует осуществлять строительное водопонижение.

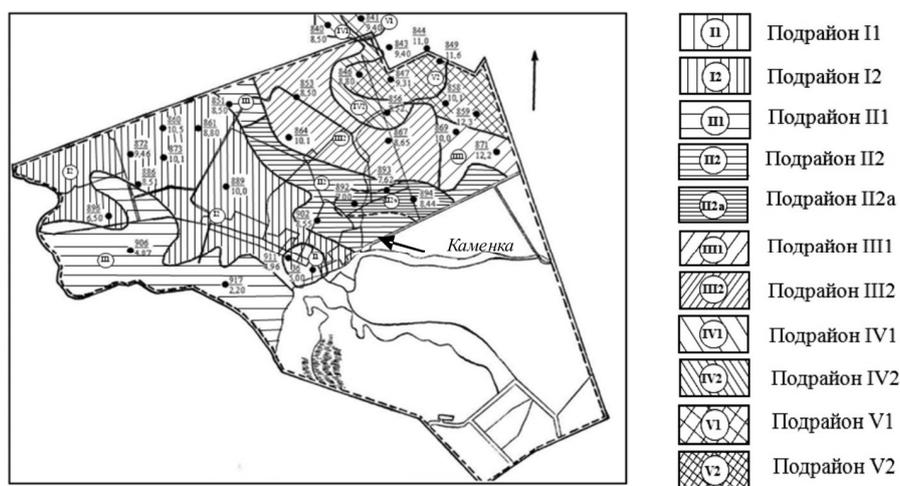


Рис. Карта-схема районирования территории «Каменка»

Условия освоения участков III типа близки к таковым на участке II типа. Толща характеризуется сильной и неравномерной сжимаемостью, пониженной несущей способностью, неустойчивостью при вскрытии котлованами. Комплексное применение планировочных и строительных мер позволит снизить неблагоприятные последствия при их освоении.

Планировочные работы и строительство сооружений на участках IV типа выдвигают на первое место вопросы подтопления осваиваемых участков, что потребует дополнительных защитных мер. Следует ожидать значительных дополнительных осадок при возведении наземных зданий. Особые трудности возникают при проходке траншей и котлованов.

Участки V типа характеризуются наиболее неблагоприятными ИГУ для строительства. Возможная неравномерность осадки требует оценки устойчивости пород основания. В связи с этим условия прокладки инженерных сетей и устройства фундаментов на естественном основании зависят от физического состояния грунтов верхней части разреза. Могут быть применены специальные конструктивные элементы, шпунтовое ограждение, гидроизоляция и антикоррозионная защита подземных конструкций, для защиты подвалов – систематический дренаж. Потребуется внимания вопросы охраны вод полостровского водоносного горизонта.

Практическая значимость региональных инженерно-геологических исследований 60-80-х гг. XX в. заключается в том, созданный комплект крупномасштабных карт с прилагающимися к ним инженерно-геологическими разрезами отражает состояние ИГУ на данном этапе, характер освоения территории, возможные изменения геологической среды и мероприятия по защите от неблагоприятных изменений ИГУ территории, отображаемых на необходимую глубину. Принятая методика пригодна для построения карт-срезов, освещающих особенности освоения подземного пространства, при этом макеты карт составлены для поверхности и глубин 10, 20 м в масштабе 1:25 000 и 40, 60 м в масштабе 1:50 000.

В 2009 г. издательством «Минерал» под редакцией Н.Б. Филиппова был создан и опубликован «Геологический атлас Санкт-Петербурга», в котором использованы картографические материалы из отчетов по комплексному изучению инженерно-геологических условий Большого Ленинграда. Схема районирования по условиям наземного строительства построена с использованием методики выделения таксономических подразделений, разработанной коллективом кафедры инженерной геологии ЛГИ под руководством В.Д. Ломтадзе.

Новый генеральный план Санкт-Петербурга (2005 г.) сохраняет основные направления и принципы развития городской территории. В его основе лежит идея «открытого европейского города», т.е. этот документ ориентирован на достижение европейского стандарта качества городской среды. Обеспечение материалами и данными комплекса работ по проектированию и строительству на территории Санкт-Петербурга осуществляется по нескольким направлениям: во-первых, ведение на территории Санкт-Петербурга единой технической политики в сфере производства картографических, геодезических работ и инженерно-геологических изысканий, формирование и пополнение Фонда материалов и данных инженерных изысканий; во-вторых, создание цифровых картографических материалов масштаба 1:50 000, 1:25 000, 1:10 000 на территорию города и близлежащие пригороды и масштаба 1:2 000 выборочно на участках интенсивного строительства.

Таким образом, учет особенностей ИГУ территории имеет особое значение при городском планировании. Оптимальное с геологической точки зрения решение, принятое на предпроектном этапе, позволит не только сократить затраты на реализацию проекта, но и снизить экологический риск, обусловленный чрезмерной нагрузкой на геологическую среду, особенно на территориях со сложными инженерно-геологическими условиями. Принятию оптимальных решений помогает типизация ИГУ и районирование территорий по совокупности факторов, комплексность и тесное сочетание инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий.

Литература

1. Кузьмин А.В. Инженерная геология мегаполиса Ленинград / В.Д. Ломтадзе (к 100-летию со дня рождения). Сборник статей // НМСУ «Горный». СПб, 2012. С. 151-164.
2. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология городов в связи с рациональным использованием подземного пространства // Методы типизации и картирования геологической среды городских агломераций для решения задач планирования инженерно-хозяйственной деятельности. М.: Наука. 1981. С. 54-59.
3. Ломтадзе В.Д. Инженерно-геологическое картирование при проектировании и строительстве городов на северо-западе СССР / В.Д. Ломтадзе, М.А. Солодухин, О.В. Боровик // Инженерно-геологические проблемы градостроительства. М.: Изд-во МГУ. 1971. С. 156-163.
4. Обоснование типов фундаментов по результатам предпроектной инженерно-геологической оценки района «Каменка» Санкт-Петербурга / И.П. Иванов, Т.Н. Николаева, Л.П. Норова, Я.А. Карпова // СПб, Вестник гражданских инженеров, 3 (24), 2010. С. 83-91.

ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫЕ ОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ г. ТОМСКА

В.Е. Ольховатенко, М.Г. Рутман, Н.А. Чернышова

Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск, пл. Соляная 2

На территории г.Томска в последние годы активизировались опасные геологические процессы, которые оказывают большое влияние на её строительное освоение. Наибольшую опасность при застройке территории г. Томска представляют оползни и процессы оврагообразования. По результатам выполненных нами исследований была составлена карта зонирования территории г.Томска по степени опасности и уровню риска для застройки. На карте выделены опасные, условно опасные и безопасные зоны. К опасным зонам относятся территория Лагерного сада, мкр.«Солнечный», Воскресенская и Каштачная горы, где активно развиваются оползневые, эрозионные процессы и оврагообразование. Особенностью геологического строения территории

является широкое развитие в разрезе отложений палеогенового, неогенового и четвертичного возрастов, литологически представленных глинами, суглинками, супесями, песками и гравием. Преимущественное распространение глинистых пород низкой степени литифицирования, и их обводнение за счет подземных вод неоген-палеогенового водоносного горизонта предопределяют развитие оползневых процессов на территории г. Томска [1,2].

Техногенными факторами, влияющими на развитие оползневого процесса являются:

- строительство и эксплуатация различных объектов, жилых домов, водонесущих коммуникаций в городской черте;
- утечки из водонесущих коммуникаций;
- пригрузка склонов при возведении зданий и сооружений на оползнеопасных территориях;
- динамические нагрузки на грунтовые массивы от движущегося транспорта;
- техногенное подтопление территории.

Оползневые процессы на территории Лагерного сада развиваются довольно длительное время, и за последние 25 лет бровка склона переместилась в сторону плато на расстояние 70 метров. Преимущественным развитием на территории Лагерного сада пользуются оползни вязкопластического течения и сдвига. Основной причиной развития оползней является интенсивной обводнение грунтового массива за счет подземных вод неоген-палеогенового водоносного горизонта. Комплексным проектом противооползневых мероприятий было предусмотрено строительство горизонтальной дренажной выработки, со сдачей в эксплуатацию в 1995 году. К настоящему времени строительство не завершено в связи с возникшими проблемами, связанные с провалами грунтов в штольню, и поступлением подземных напорных вод из более глубокого водоносного горизонта [2]. Оползневые процессы на территории мкр. «Солнечный» связаны со строительством двух 10-ти этажных жилых домов на оползнеопасном склоне. Наряду с природными факторами на развитие оползневых процессов большое влияние оказали техногенные факторы:

- пригрузка склона при строительстве 10-ти этажных домов;
- техногенное обводнение грунтового массива;
- замачивание грунтов за счет скопления воды в котловане, вырытом для строительства детского сада;
- отсутствие дренажно-ливневой канализации.

Наряду с активизацией древних оползней, что привело к разрушению гаражей, деформированию конструкций здания, образовался техногенный оползень в непосредственной близости от жилого дома № 89. Причиной его возникновения является пригрузка склона строительными конструкциями при восстановлении 2-ух подъездов жилых домов.

Анализ результатов выполненных исследований, фондовых материалов, данных обследования оползневого склона, водонесущих коммуникаций, жилых домов и гаражей, а также условий эксплуатации сооружений позволя-

ет выделить две группы факторов, способствующих развитию оползневых процессов: естественные (природные) и техногенные.

К первой группе относятся особенности геологического строения территории, литологический состав, состояние и физико-механические свойства грунтов, степень обводненности грунтового массива за счет подземных и поверхностных вод. Геологическое строение территории характеризуется распространением слаболитифицированных горных пород четвертичного и неоген-палеогенового возраста, преимущественно-глинисто-суглинистого состава, что и предопределило ход оползневого процесса. Существенный вклад в него внесли подземные воды, разгрузка которых осуществляется у подножия склона. Гидродинамическое давление подземных вод и широко развитая суффозия привели к изменению напряженно-деформированного состояния грунтового массива и снижению прочностных показателей. Это, в свою очередь, стало причиной глубинной ползучести глинистых грунтов. На данной стадии (первой стадии развития оползней) в теле грунтового массива образовались области концентрации касательных напряжений. В пределах потенциальной поверхности скольжения происходили деформации вдоль линии ползучести, происходило перераспределение касательных напряжений, что вызвано изменением коэффициента бокового давления. Фаза глубинной ползучести, по-видимому длится довольно продолжительное время, а затем происходит в сравнительно быструю фазу разрушения. По всей вероятности, этому способствовало замачивание грунтов, а также резкое увеличение касательных напряжений, в грунтовом массиве, которые превышали сопротивление грунтов сдвигу. Коэффициент мобилизационного сопротивления сдвигу превысил его значение на пределе разрушения. В процессе последующего оползания грунтового массива к подножию склона были перекрыты все выходы подземных вод на дневную поверхность. Фильтрация из основного водоносного горизонта оказалась затруднена, что привело к подпору грунтового массива подземными водами в нижних частях склона. Это, в свою очередь, послужило причиной дальнейшего развития оползневого процесса. Именно таким представляется механизм формирования древних (первичных) оползней.

Вторая группа факторов повлияла на формирование, в основном, вторичных оползней. К техногенным факторам активизации оползневого процесса в мкр. «Солнечный» относятся возведение двух 10-ти этажных домов (№ 89 и 91), что привело к пригрузке неустойчивого склона; строительство гаражей на оползневом теле в непосредственной близости от дома № 89; устройство с северо-западной части плато котлована для детского сада; сооружение блока самодеятельного обслуживания в непосредственной близости от дома № 91 с северо-восточной стороны; утечки из водонесущих коммуникаций; отсутствие организованного стока поверхностных вод; плохая работа дренажной и канализационной систем для сброса поверхностных и канализационных вод; отсутствие планировки и отмостков вокруг зданий.

Строительство жилых домов привело к увеличению пригрузки на склон, что, в свою очередь, вызвало изменение напряженно-деформированного состояния грунтового массива и способствовало активизации оползне-

вого процесса. Большое отрицательное влияние оказало техногенное обводнение грунта в результате утечек из водонесущих коммуникаций.

Поскольку фильтрация техногенных вод затруднена, значительная их часть распределилась в грунтовом суглинисто-супесчаном массиве, что привело к повышению уровней воды и увеличению порового давления в грунтах. Этому не в меньшей мере способствовало уплотнение грунтов под влиянием массы построенных здесь объектов. Совместное действие гидродинамического и порового давления воды в результате техногенного обводнения – одна из главных причин развития оползневого процесса. Выполненные расчеты показали, что устойчивость склона является не обеспеченной. Для обеспечения нормального функционирования жилых домов было рекомендовано строительство подпорного удерживающего сооружения и осушение склона. Выявленные закономерности развития опасных процессов и составленная карта зонирования территории г.Томска по степени опасности и уровню риска используются при решении следующих градостроительных проблем:

- прогнозной оценке геоэкологических и инженерно-геологических условий строительства объектов;
- разработке мероприятий по инженерной защите территорий, расположенных в зонах риска;
- подготовке комплексной целевой программы мониторинга природно-технических систем.

Прогнозная оценка осуществляется с использованием многочисленных данных о составе, состоянии и физико-механических свойствах выделенных в разрезе стратиграфо-генетических комплексов и литологических типов и инженерно-геологических видов пород, для которых установлены нормативные и расчетные значения характеристик. Для оценки общих инженерно-геологических условий используется информация о геологическом строении, подземных водах, геоморфологии, климатических условиях и гидрографии. По карте риска устанавливается принадлежность территории к различным зонам: очень опасной, опасной, условно опасной и безопасной, которые характеризуются различным состоянием геологической среды. Обязательное условие для выполнения прогнозных оценок – знание об уровне инженерной защиты территорий, который может быть удовлетворительным или неудовлетворительным. различные сочетания состояния геологической среды и уровня инженерной защиты позволяют дать оценку устойчивости природно-технических систем. На территории г.Томска неустойчивые природно-технические системы расположены в юго-восточной и северо-западной частях Лагерного сада, мкр.«Солнечный», в пределах Воскрсенской горы, на территории Каштака, Спичфабрики и в других микрорайонах города. Развитие опасных процессов здесь приводит к нарушению динамического равновесия в эксплуатации природно-технических систем и возникновению чрезвычайных ситуаций. Для обеспечения нормального функционирования таких систем потребуется выполнять комплекс мероприятий по инженерной защите территорий. Вторым важным направлением практического использования результатов исследований являются рекомендации по корректировке гене-

рального плана застройки города с учетом развития опасных природных и техноприродных процессов. При этом необходимо учитывать:

- тип, площадь, и уровень риска для городской застройки;
- границы опасной, условно опасной и безопасной зон;
- ограничения на выделение земельных участков.

Одна из важных рекомендаций при корректировке генерального плана г.Томска – изъятие из застройки участков с активно развивающимися оползневыми процессами, где состояние геологической среды опасно, а природно-техническая система неустойчива. От этого должна зависеть и стоимость земель, выделяемых под застройку. На откорректированном плане должны быть показаны территории, где запрещается любое строительство, и те, где требуется предварительная инженерная защита.

Выполненные на территории г.Томска исследования позволили разработать мероприятия по её инженерной защите от опасных природных и техноприродных процессов. При этом учитывались следующие инженерно-геологические и геоэкологические особенности территории:

- характер, размеры и динамика опасных процессов, а также их влияние на существующие здания и сооружения;
- состояние геологической среды;
- уровень инженерной защиты территории;
- состояние и устойчивость природно-технических систем;
- степень опасности и уровень риска при застройке.

В соответствии с этим при защите территории г.Томска рекомендуется использовать как превентивные, так и капитальные мероприятия. Превентивные мероприятия включают:

- запрещение любого строительства на очень опасных и опасных участках, где требуется комплексная инженерная защита, и которые могут использоваться как парковая зона отдыха населения;
- строительство объектов в пределах условно опасных зон возможно при условии предварительной инженерной подготовки территории;
- исключение утечек из водонесущих коммуникаций;
- запрещение подрезки склонов;
- запрещение движения транспорта в непосредственной близости от оползнеопасных территорий;
- организация мониторинга природно-технических систем.

Капитальные мероприятия предусматривают разработку методов инженерной защиты территорий, находящихся в зонах риска. Применительно к Лагерному саду это, строительство горизонтальной дренажной выработки для осушения склона, уполаживание склона, поверхностный дренаж, устройство буронабивных свай и контрбанкета.

Внедрение этих мероприятий позволило достичь стабилизации в центральной части Лагерного сада. В то же самое время в его юго-восточной и северо-западной частях оползневые процессы продолжают активно развиваться.

Дальнейшая работа по инженерной защите данной территории должна включать:

- завершения строительства дренажной горизонтальной выработки в кратчайшие сроки;

- проведение исследований для оценки возможных осадок грунтовых толщ при водопонижении;

- организацию наблюдений за развитием оползневых процессов, вертикальным и горизонтальным перемещениями жилых домов и грунтового массива, а также геофизических наблюдений за ходом глубинных оползневых процессов.

Литература

1. *Ольховатенко В.Е., Рутман М.Г., Лазарев В.М.* Опасные природные и техноприродные процессы на территории г. Томска и их влияние на устойчивость природно-технических систем. – Томск. Печатная мануфактура, 2005. – 152 с.

2. *Ольховатенко В.Е., Лазарев В.М., Фильмонова И.С.* Геоэкологические проблемы строительного освоения территории г. Томска. Экологический мониторинг. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Томской области. – Томск: Дельтаплан, 2013. С. 124-127.

ФОРМИРОВАНИЕ СВЕДЕНИЙ О ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ В ГРАНИЦАХ КАДАСТРОВОГО ДЕЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ г. МОСКВЫ

В.И. Осипов, В.Н. Бузова, Е.А. Карфидова

Институт геоэкологии им. Е.М.Сергеева РАН, Москва, 101000, Уланский пер. 13 стр. 2.
E-mail direct@geoenv.ru, geoinf@geoenv.ru

В настоящее время информация о картах, созданных в комплекте крупномасштабных геологических карт территории Москвы [1], и многих создаваемых геоэкологических картах, не приводится на геопортале Москомархитектуры и сайте Мосгоргеотреста, что существенно снижает известность и общественное признание проекта. Хотя еще в 2009 г. ставился вопрос о расширенном составе кадастра недвижимости для учета сведений о геоэкологических условиях территории Москвы, но, к сожалению, эта программа работ не получила развития.

Наряду с высоким инженерно-геологическим значением, необходимым для строительной сферы, созданные картографические произведения содержат сведения об оценках распространения и степени геоэкологической опасности, которые немаловажно знать и населению, и лицам, принимающим ре-

шения в различных сферах жизнедеятельности. Эти обстоятельства побуждают разработчиков искать другие виды подачи результатов геоэкологических исследований.

За последние пять лет в Российской Федерации постепенно развивается государственный кадастр недвижимости, обозначенный как государственный информационный ресурс учета недвижимости. В истории становления кадастра недвижимости имеются успехи и недостатки [3], но с ликвидацией Министерства регионального развития возможно предполагать, что кадастр недвижимости и кадастровое деление приобретут особое значение для задач развития территории, в первую очередь урбанизированных. С появлением геопортала Росреестра стали доступными данные о кадастровой стоимости и характеристиках объекта недвижимости, для зданий – объектов капитального строительства приводятся данные об общей и подземной этажности, типе конструкций, годе ввода в эксплуатацию; постепенно заполняются сведения о разрешенном виде использования земель, сведения о территориальных зонах и зонах с ограничением использования.

Совместное использование кадастровых данных и результатов геоэкологического картографирования позволит на достойной фактографической основе ставить задачи оценки ущерба и риска от опасных геологических объектов на территории Москвы. Преимущества предлагаемого подхода определяются четкой привязкой границ кадастровых кварталов к местности, координатной системе и открытому единому цифровому картографическому фону города Москвы, что удобно на практике и не связано с секретностью.

Известно, что в развитии ГИС-технологий в 1994 г. сыграл большую роль проект США TIGER -Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing (Топологически интегрированная система географического кодирования и привязки) [4]. Проект позволил в ГИС-системах совместить усилия различных специалистов и данных статистики, используя привязку к единому элементу территории (почтовому отделению). Предлагается развить методы TIGER в постановке задачи формирования сводных сведений о геоэкологических условиях для кадастровых кварталов.

Цель поставленной задачи – объединение карты инженерно-геологического районирования территории Москвы ИГЭ РАН и кадастрового деления с минимальными потерями смысловой нагрузки инженерно-геологической карты и расчет сводных оценок геоэкологической сложности для кадастрового квартала. Объединение позволит оценивать ущербы и риски от опасных геологических процессов на территории г. Москвы. Легенда карты инженерно-геологического районирования основана на ключевом понятии таксона инженерно-геологического массива, имеющего свой уникальный идентификатор, объединяющий геологический индекс и данные о виде и степени опасных геологических процессов, выявленных на территории Москвы, а также о наличии в геологическом разрезе инженерно-геологического массива специфических грунтов (1 – подтопление, 2 – неглубокие оползни, 3 – потенциальная карст-суффозия, 4 – карст-суффозия, 5 – глубокие оползни, 6 – техногенные грунты и 7 – слабые грунты). Оценка сложности инженерно-

геологических условий (ИГУ) по ведущим природным и инженерно-геологическим показателям для инженерно-геологических массивов основывается на выделении трех категорий сложности: низкой (а), средней (б) и высокой (в) [2].

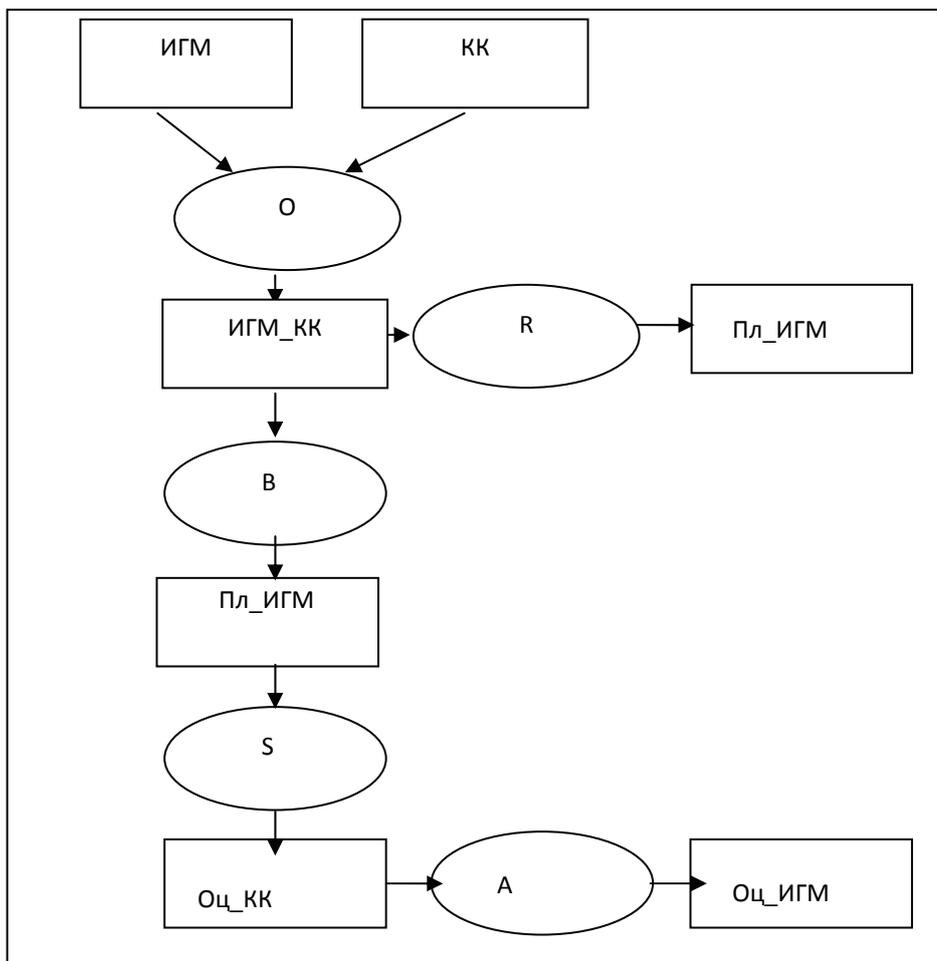


Рис. 1. Модель картографирования сводных геоэкологических оценок для кадастровых кварталов

Методы, реализуемые в геоинформационной системе для решения задачи, представлены в виде модели (рис. 1), реализуемой на основе интерфейса строителя моделей – Model Builder ESRI. В схеме прямоугольник представляет исходные картографические или результирующие данные, овал – оператор, производящий картографическую обработку. Условные обозначения в модели (рис. 1) следующие: ИГМ – карта инженерно-геологического

районирования, представленная в границах таксонов инженерно-геологических массивов; КК – границы кадастровых кварталов; О – операция объединения карт; ИГМ_КК – объединенная карта с границами ИГМ и кадастровых кварталов; R – расчет плотности инженерно-геологических массивов на единицу площади кадастрового квартала; В – выборка ИГМ, содержащих в себе геологические процессы; П_КК – выбранные ИГМ, содержащие в себе геологические процессы; S – расчет площадей ИГМ, содержащих в себе геологические процессы в границах кадастрового квартала; СП_КК – рассчитанные площади геологических процессов в кадастровых кварталах; А – агрегирование данных распределения геологических процессов в оценке геоэкологической сложности кадастрового квартала; Оц_КК – сводные оценки геоэкологической сложности кадастрового квартала.

Реализация поставленной задачи осуществлялась на пробной выборке кадастровых кварталов северо-западного административного округа города Москвы (районы Южное Тушино и Покровское-Стрешнево). В состав выбранных кадастровых кварталов не вошли кварталы, занятые транспортными зонами, так как в этих кварталах регистрация объектов недвижимости сильно отстает от общего процесса. Остановимся на решении задачи по сделанной выборке, как примере результатов геоэкологического картографирования по кадастровому делению.

На первом этапе в границах кадастровых кварталов показываются инженерно-геологические массивы (ИГМ) по категории сложности и рассчитываются плотность распределения числа ИГМ на единицу площади квартала (рис. 2). Категория сложности основывается на методических положениях карты инженерно-геологического районирования: слабая – для ИГМ без наличия какого-либо процесса, средняя – при наличии хотя бы одного процесса, сильная – при наличии двух и более процессов. Для кадастрового квартала рассчитываются площади, занятые опасными геологическими процессами и абсолютные и относительные площади трех категорий сложности ИГМ.

На втором этапе рассчитываются сводные оценки сложности инженерно-геологических условий по ведущим природным и инженерно-геологическим показателям, или геоэкологической сложности. Для расчета сводных территориальных оценок по выбранным кадастровым кварталам (оператор А модели) использовалась следующая система классификации территории по степени геоэкологической сложности (табл. 1).

Таблица 1

Классификация сложности геоэкологической ситуации

Степень геоэкологической сложности	Степень сложности ИГУ		
	а	б	в
слабая	> 80%	< 20%	0
средняя	< 80%	> 20%	≤ 20%
высокая	< 20%	<80%	> 20%

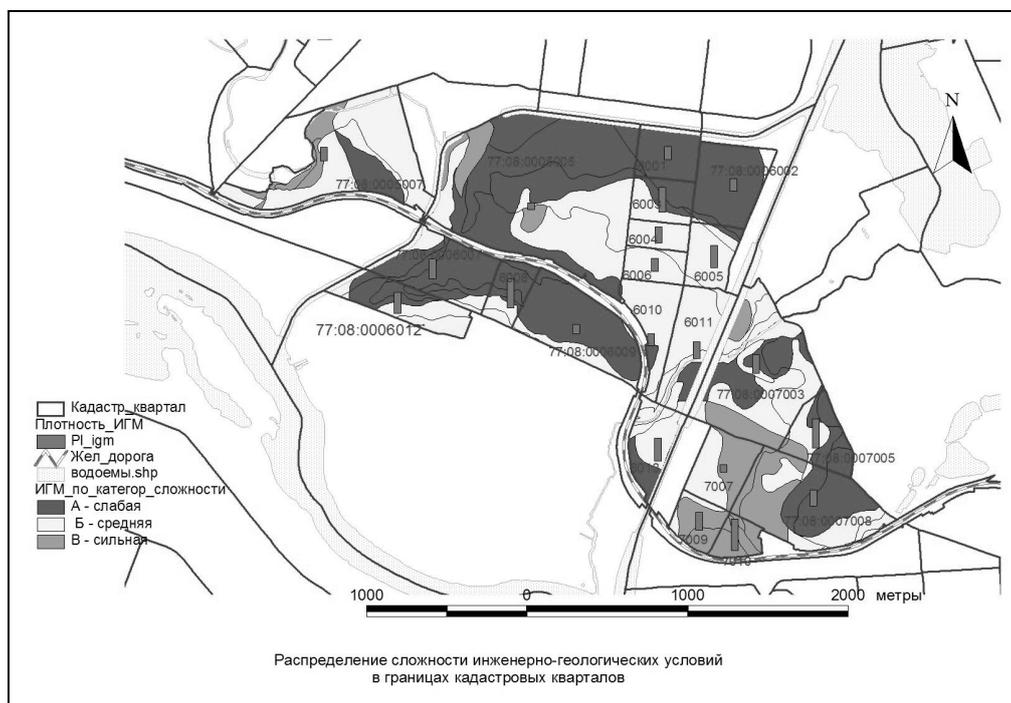


Рис. 2. Карта сложности инженерно-геологических условий в границах кадастровых кварталов.

Примеры результатов геоэкологического картографирования для выборки кадастровых кварталов приводятся на рис. 2, 3. Карта категории сложности инженерно-геологических массивов в границах выбранных кадастровых кварталов представлена на рис. 2. Инженерно-геологические массивы представлены цветовой шкалой по категории сложности, при этом: а – слабая сложность (зеленый цвет), б – средняя (желтый цвет), в – высокая (болотный цвет). Столбчатые диаграммы показывают плотность ИГМ, рассчитанную как отношение количества ИГМ к площади кадастрового квартала.

На рис. 3 представлена карта сводных территориальных оценок геоэкологической сложности, которые представлены: зеленый цвет – слабая, оранжевый – средняя, коричневый – высокая. Круговые диаграммы показывают (размер окружности нормализован по площади кадастрового квартала) удельные веса площадей ИГМ различной категории сложности.

Полученные карты позволяют получить информацию и сопоставлять территории по природным условиям и техноприродному состоянию, как лицам, принимающим решения (муниципальные органы власти, страховые компании и т.п.), так и простым гражданам, приобретающим жилье в определенных районах города.

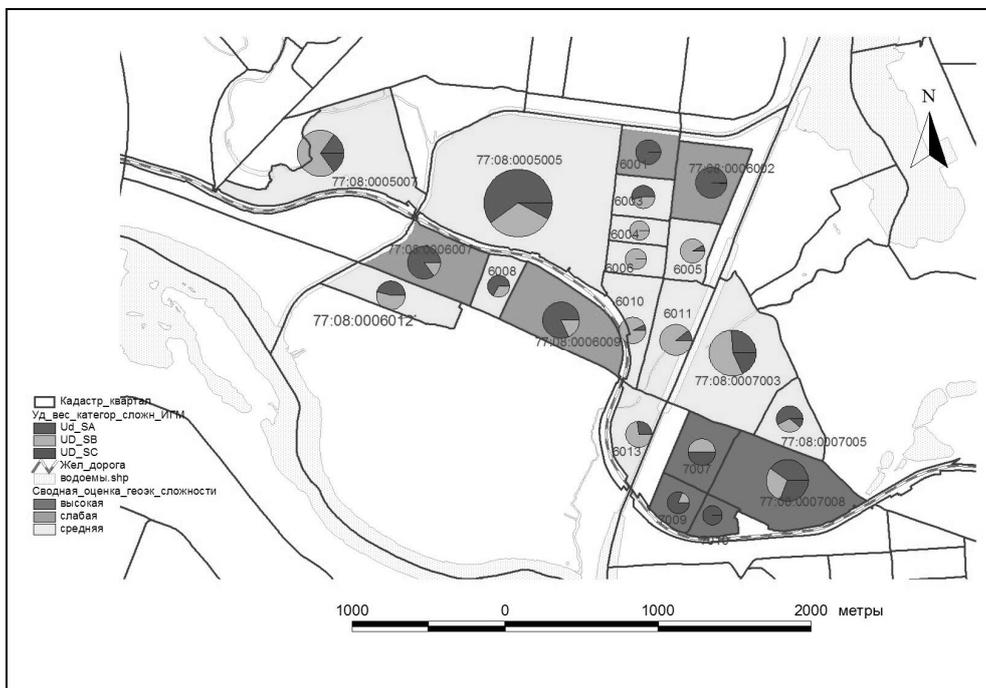


Рис. 3. Карта сводных территориальных оценок геозкологической сложности кадастровых кварталов

Эти карты позволят типизировать участки в городских агломерациях по применению на них тех или иных строительных решений, провести обоснование безопасного строительства и эксплуатации зданий и сооружений. Привязка к кадастровому делению позволило на основе публичной кадастровой карты получить параметры кадастрового учета для развития задач оценки ущерба и риска от опасных геологических процессов к основным реципиентам риска – зданиям – объектам капитального строительства: кадастровые номера, кадастровая стоимость, тип несущих конструкций, год ввода в эксплуатацию. По сделанной выборке процент зданий, состоящих на учете, составляет порядка 90% (за исключением территориальных промышленных зон).

Выводы

Сведения о распространении и степени геозкологических опасностей городской территории по конституционным нормам РФ и нормам экологического права должны быть принципиально открытыми, предлагаемое решение геозкологического картографирования с привязкой к кадастровым кварталам позволяет обеспечить это право. Немаловажно, чтобы эти сведения оперативно (по мере разработки) учитывались в Правилах землепользования и за-

стройки. Монопольное использование градостроительным ведомством геоэкологической информации и отсутствие межведомственного информационного взаимодействия в этом вопросе влечет за собой создание условий для правовых коллизий, которых хотелось бы избежать.

Результаты пробных расчетов показали, что развитие исследований в плане оценки возможного ущерба и риска от опасных геологических процессов целесообразно строить на использовании данных кадастра недвижимости, который в настоящий момент является единственным легитимным источником экономики территории.

Литература

1. *Осипов В.И., Антипов А.В.* Принципы инженерно-геологического районирования территории Москвы // Геоэкология. 2009. №1. С. 3-13.
2. *Осипов В.И., Бурова В.Н.* и др. Карта крупномасштабного (детального) инженерно-геологического районирования территории г.Москвы // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. № 4, 2011. С. 306-319.
3. Основы кадастра недвижимости: учеб. пособие для вузов / Кол. авторов. – М.: Изд-во МИИГАиК, 2013.
4. *Marx, Robert W.* “The Census Bureau’s TIGER System” Bethesda, Md. : American Congress on Surveying and Mapping, Cartography and geographic information systems, v. 17, no. 1, January 1990.

КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ – ОСНОВА СТРОИТЕЛЬНОГО ОСВОЕНИЯ ОПОЛЗНЕОПАСНЫХ СКЛОНОВ (НА ПРИМЕРЕ VI МКР «ЦЕНТР» В Г. ЧЕБОКСАРЫ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ)

Н.Ф. Петров, И.В. Никонорова, Н.А. Прокопьева

Чувашский государственный университет, кафедра физической географии и геоморфологии,
428015, ул.Московская, 15, г.Чебоксары. E-mail: petrovnf@gmail.com, niko-inna@yandex.ru

Введение. На примере строительного освоения оползнеопасных территорий в г. Чебоксары в докладе обосновывается тезис о крайней необходимости выполнения крупномасштабных инженерно-геологических съемок (ИГС) и проведения типологического районирования по условиям опасности для строительства, в том числе – устойчивости. Показано, что строительство по данным только точечных изысканий без предварительного решения общеплощадочных (региональных) проблем формирования инженерно-геологических условий массива провоцирует геологические опасности, приводит в по-

следующем к значительным затратам средств на их предупреждение и ликвидацию последствий. Необходимость в подобных работах возникает при освоении и равнинных поверхностей (плато) из-за широкого развития в их пределах разновозрастных погребенных речных долин и балок плиоценового, плейстоценового возраста, и необходимости обоснования границы застройки у бортов глубоких оврагов и высокого правобережья долины реки Волги. На территории г.Чебоксары ИГС в масштабе 1:2000 выполнялись в 1990 – 2008 гг. в микрорайонах (МКР) «Волжская 1», «Волжская 2» и «3», «Соляное», «Грязевская стрелка», а также в ряде новых МКР в пределах эрозионно-оползневом левобережья р.Чебоксарки. Все они выполнялись по общей методологии и легенде, разработанной нами применительно к геоморфологическим условиям перигляциальных зон [1]. Ниже приведены результаты работ в МКР VI «Центр», выполненных в 2008-2014 гг.

Общие сведения. МКР VI «Центр» расположен в приустьевой части р. Чебоксарка между благоустроенной поймой с отметками 71-72 м и приводораздельным плато с отметками 115-120 м. Длина участка более 800 м, ширина от 150 до 280 м при высоте склонов до 40м и более. До заполнения водохранилища и появления залива русло реки имело отметки 63-64 м, а цоколь поймы – 55-57 м. В раннем голоцене высота береговых склонов здесь превышала 50 м, а местами достигала 60 м при средней крутизне эрозионных берегов до 35-40°. Склоны с подобными параметрами, сложенные карбонатно-терригенными толщами верхнепермского возраста, нередко поражаются оползнями. В этом месте косогор представлен двумя давними оползневными системами (ОС-1 и ОС-2), разделенными межоползневым гребнем. ОС представлены оползневными ярусами (ОЯ) 1-го порядка. В основном они древние и давние. Языки нижних ОЯ 1-го порядка в голоцене надвинулись на пойму с отметкой поверхности около 65м. ОС-1 поражен одним оврагом (О.1), а ОС-2 – четырьмя (с юга – О.2, О.3, О.4) глубиной более 10 м, а борта оврагов – различного возраста локальными оползнями 2-го и 3-го порядков. Ряд мелких современных оползней типа оплывин зафиксирован в пределах стенок срывов и фронтальных частей оползней 1-го порядка.

Требования к изысканиям. В данных условиях началу проектирования конкретных объектов должна предшествовать крупномасштабная ИГС, специализированные изыскания по решению общеплощадочных проблем, в частности, по оценке общей и локальной устойчивости склонов оползневого массива особенно с учетом влияния проектируемых объектов – веса зданий, величин подрезок и пригрузок, прогнозных изменений УПВ и др. Здесь же разработка генплана, подготовка территории селитебного МКР к массовой застройке многоэтажными домами (более десятка домов до 15-18 этажей) развернулись по данным точечных (под отдельные позиции) изысканий, как на равнинном устойчивом массиве, без решения вышеперечисленных общих задач и, следовательно, задач по типологическому районированию массива по условиям строительства и составу мероприятий по обеспечению необходимой устойчивости.

В результате бессистемной засыпки оврагов, устройства глубоких котлованов под здания особенно в пределах главных стенок срывов и в деформированных оползнями грунтах, а также возведения высоких грунтовых насыпей на пересечениях городских дорог с оврагами и закладки водонесущих коммуникаций (коллекторов и глубоких смотровых колодцев) в рыхлых техногенных или оползневых грунтах в глубоких траншеях поперек склонов вскоре проявились и признаки серьезных опасностей в виде оползней скольжения на бортах котлованов, разрывных трещин закола на краю плато вблизи жилого 8-ми этажного дома и капитальных гаражей, локальных оползней сброса и течения на бортах и в насыпных грунтах оврагов. В инженерной геологии к надежным методам решения прогнозных задач при строительстве относится метод специализированной инженерно-геологической съемки необходимого масштаба (здесь масштаб 1:2000 на топооснове масштаба 1:1000) и составления комплекса необходимых карт. И в данном случае было принято решение приостановить строительство, срочно выполнить крупномасштабную ИГС и составить, кроме карты фактического материала и проектируемых объектов, геолого-геоморфологическую, гидрогеологическую, опасных геологических процессов и карту типологического районирования массива по устойчивости и условиям строительства. В основе этих карт – данные полевого геолого-геоморфологического картирования и анализа опорных девяти инженерно-геологических разрезов, совмещенных с кинематическими расчетными моделями. На разрезах показаны зоны и поверхности фактических и прогнозных оползневых смещений (15-20м) и структуры оползней различных порядков, гидрогеологические и грунтовые условия, конструкции свайных фундаментов под зданиями, проектные схемы вертикальной планировки, другие параметры природно-технических систем (ПТС) при необходимости.

Фактический материал прежних изысканий в пределах рассматриваемого участка (категория сложности III, площадь 0,20 км²) включает, кроме данных многолетних наблюдений, более 160 скважин, что в принципе достаточно для получения кондиционной карты не только м-ба 1:2000 (для этого хватило бы 90 точек наблюдений (т.н.) с 45-50 скважинами), но и м-ба 1:1000. Однако, как оказалось, скважины распределены по площади неравномерно, и местами не удовлетворялись требования о допустимых расстояниях между точками наблюдений, необходимые для получения кондиционных карт и корректных расчетных моделей. По этой причине на расчетных профилях потребовалось бурение 9 дополнительных скважин объемом 143 м.

Результаты исследований. Полученный материал позволил составить комплект инженерно-геологических карт и разрезов и на их основе сформулировать следующие выводы.

1. Коренной геологический разрез левобережья в интервале отметок 60-120 м представлена субгоризонтально залегающими терригенными породами верхней перми, перекрытыми покровными суглинками и оползневыми образованиями.

2. В пределах склона и на плато получили развитие разновозрастные овражно-балочные системы глубиной до 15-20 м, сыгравшие и играющие в настоящее время значительную роль в развитии опасных геологических процессов (ОГП) и определении строительных условий массива. Заполненные породами различного возраста и состава (плиоценовые балки – темно-серыми до черных водоупорными глинами, среднеплейстоценовые – древним деляпсием и покровными суглинками, позднеплейстоценовые – лессовыми породами), они являются маркирующими при расшифровке относительного возраста и последовательности развития оползневых и других процессов. В то же время они свидетельствуют о древнем, плиоцен-эоплейстоценовом возрасте долины р.Чебоксарки. Геоморфологической границей между разновозрастными частями долины служит отметка подошвы плиоценовых толщ – 95-97 м. Выше этой отметки – долина плиоценовая, ниже – плейстоценовая.

3. Оползни 1-го порядка древние, и возникли при более низком базисе эрозии и представлены многоблочными ярусами (рис.2). Древний возраст головных блоков подтверждается образованием в их пределах погребенного оврага с деляпсием из плиоценовых глин в днище (на отметках около 70,0 м), перекрытых покровными суглинками. Длина нижнего оползневого яруса достигает 150 м, верхнего – до 100 м.при глубине захвата до 20 м. Возможность образования подобных оползней в современных условиях трудно представить. Они могли возникнуть в иных климатических условиях, например, в период смены перигляциального сурового климата одного из последних оледенений неоплейстоцена очередным теплым, плювиальным. Эти оползневые тела теперь находятся в устойчивом состоянии. Однако, под ними имеются «подготовленные поверхности» смещения с почти нулевым жестким сцеплением, что учитывалось при расчетах устойчивости с учетом веса проектируемых зданий и других инженерных решений.

4. Оползни 2-го порядка давние, приостановившиеся, приурочены к бортам современных оврагов. Когда-то они спускались в днище оврагов, заполняя их, но позднее языки размывались и сохранились лишь их фрагменты на противоположных бортах оврагов. Эти оползневые тела так же ограничены снизу «подготовленными поверхностями».

5. Оползни 3-го порядка наиболее молодые, локальные, приурочены к элементам оползней 1-го и 2-го порядков и к бортам современных оврагов. Их можно считать приостановившимися оползнями течения – оплывинами, сплывами. Небольшие по объемам масс и энергии они меньше влияют на условия строительства, но должны учитываться при проектировании различных коммуникаций.

6. К серьезным источникам опасностей относятся древние балки и заполнившие их специфические породы. Так, плиоценовые балки с туго- и мягкопластичными водоупорными глинами контролируют площади распространения верховодки и процессов заболачивания, а на склонах и откосах – развитие оползней течения. Местами в их пределах наблюдается ряд этапов унаследованного оврагообразования в четвертичном периоде: среднеплей-

стоценовых балок с покровными суглинками различного состояния и с оползневыми накоплениями, позднеплейстоценовых – с толщами лессовых просадочных суглинков мощностью более 10м. Одна из балок глубиной более 15м ориентирована по простиранию склона, приурочена к стенке срыва нижнего яруса 1-го порядка и могла стать причиной образования верхнего яруса.

7. В пределах массива в процессе строительства появились дополнительные источники серьезных опасностей в виде техногенных оползней на бортах глубоких котлованов с угрозой разрушения существующих зданий, в насыпных грунтах мощностью 10 м и более, которыми засыпаны без дренажей современные овраги, на откосах высоких насыпей и др. В черте запроектированных домов закартировано пять очагов техногенного оползнеобразования.

8. По комплексу признаков геологической среды выполнено инженерно-геологическое типологическое районирование массива с выделением таксонов трех уровней – район, подрайон и участок. Так, район А (верхний ярус рельефа) включает край плато и межоползневой мыс и представлен одним, денудационным подрайоном с тремя участками, различающимися литолого-стратиграфическими типами пород активной зоны, имеющими верхнепермский, плиоценовый или неоплейстоценовый возраст. Склоны образуют район Б (средний ярус рельефа) с пятью подрайонами и с 3-5 участками в последних. Здесь подрайоны – генетические типы склонов и оползневые ярусы различных порядков, а участки – подтипы склонов с учетом их прошлого состояния [1] и части оползневых систем (блоки) с присущими им функциональными особенностями. Пойменная аккумулятивная терраса р. Чебоксарки выделена в район В без деления его на более дробные таксоны. Он занят Заливом и благоустроенной набережной с отметкой 74 м. Породы террасы и техногенные образования набережной мощностью до 15м (цоколь на отметке 58-60 м) подпирают древние оползни и склон в целом.

9. Выявленные закономерности в развитии долины р. Чебоксарка и ее склонов, в строении и функционировании овражно-балочных и оползневых систем различного возраста и состояния позволили составить сравнительно корректные расчетные модели, вычислить оползневые давления с учетом веса запроектированных зданий и вертикальной планировки склона и сформулировать рекомендации по выбору типов фундаментов и рациональной застройке оползневого склона. Приуроченность проектируемых объектов к тем или иным таксонам районирования и к элементам оползневых систем с различной чувствительностью к антропогенным нагрузкам позволили спрогнозировать характер влияния данных объектов на общую и локальную устойчивость склонов и рекомендовать их к строительному освоению (рис. 1, 2).



Рис. 1. Давнеоползневой склон в начале строительного освоения, 2007 г.



Рис. 2. Тот же застраиваемый склон по состоянию на 2014 г.

Литература

1. *Петров Н.Ф., Иванов Г.В., Ромащенко С.Н., Сотнезова Т.Ю.* Инженерно-геологические проблемы строительного освоения оползнеопасных склонов в г. Чебоксары // Актуальные вопросы географических исследований региона: материалы Всерос. науч.-практ. конф., Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2009. С. 222-236.

2. *Петров Н.Ф., Никитина О.В.* Составление моделей склонов в строительных целях // Сергеевские чтения. Моделирование при решении геоэкологических задач. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Вып. 11., 2009. С. 305-309.

КРУПНОМАСШТАБНОЕ КАРТИРОВАНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОКОН КАК ОСНОВА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ВОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ТЕРРИТОРИИ Г. МОСКВЫ

**И.А. Позднякова, И.В. Галицкая, О.К. Миронов, И.А. Костикова,
А.Л. Дорожко, Г.И. Батрак, Л.А. Матвеева, К.И. Фессель**

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва, Уланский пер., д. 13, стр. 2.
E-mail: irina_pozd58@mail.ru

В Институте геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук (ИГЭ РАН) в 2013-2014 гг. коллективом авторов по заказу Департамента природопользования и охраны окружающей среды г. Москвы была создана «Карта границ гидрогеологических окон» в масштабе 1:10 000. Карта создавалась для разработки специального регламента хозяйственной деятельности на наиболее опасных участках быстрого проникновения загрязнения с поверхности в подольско-мячковский водоносный горизонт – гидрогеологических окнах с целью защиты и охраны этого стратегического источника водоснабжения города питьевой водой.

При составлении карты был использован весь комплекс имеющихся на сегодняшний день информации и знаний о геологическом строении, гидрогеологических и тектонических условиях территории города, полученный при создании тематических геологических крупномасштабных карт территории г. Москвы в масштабе 1:10 000 [8].

Разработанная методика картирования гидрогеологических окон является оригинальной. Гидрогеологические окна выделяются по результатам картирования геологического строения перекрывающей подольско-мячковский водоносный горизонт толщи и результатам оценки времени вертикальной фильтрации загрязняющих веществ из надъяурского водоносного горизонта в подольско-мячковский. Кроме прямых используются косвенные признаки существования гидрогеологических окон, которые проявляются в изменении гидродинамических, гидрогеохимических и структурно-тектонических условий на этих участках.

При создании карты были применены разработанных в ИГЭ РАН программные средства для составления и оформления геологических карт, разрезов, 3-мерного моделирования (в программной среде MapInfo Professional), обработки цифровых моделей в растровом формате (в программной среде ILWIS (www.53north.org)). Использование компьютерных технологий позволяет актуализировать карту по мере поступления новых данных о геологическом строении и гидрогеологических условиях.

Методика и технология картирования гидрогеологических окон

Под гидрогеологическими окнами понимаются участки геологической среды, на которых возможно быстрое проникновение загрязнения с поверхности земли или из загрязненных неглубоких водоносных горизонтов в глубокие через разделяющие их слабопроницаемые отложения. Гидрогеологические окна на территории Москвы формируются за счет нарушения сплошности, уменьшения мощности и увеличения проницаемости келловей-оксфордских и верхнекаменноугольных глин в перекрывающей подольско-мячковский горизонт толще (далее перекрывающей толще) на участках погребенных эрозионных врезов [4,5,7,8,10]. Изменение условий распространения и свойств слабопроницаемых отложений, строения перекрывающей толщи и условий взаимосвязи подземных вод в ней определяют опасность гидрогеологических окон для загрязнения подольско-мячковского горизонта.

Степень опасности (порядок) гидрогеологических окон оценивалась по времени вертикальной фильтрации загрязненных вод из надьюрского в подольско-мячковский водоносный горизонт через разделяющую их толщу по зависимости, предложенной В.М. Гольдбергом для напорного пласта [1]:

$$t = \frac{m_0^2 \times n_0}{k_0 \times (H_1 - H_2)},$$

где m_0 , k_0 , n_0 – мощность, коэффициент фильтрации и активная пористость слабопроницаемых отложений; напор подземных вод водоносного горизонта: H_1 – надьюрского; H_2 – каменноугольного.

Для многослойной толщи последовательно рассчитывалось время фильтрации через каждый слой, и результаты суммировались. В расчетах были приняты следующие основные допущения: источником поступления загрязняющих веществ является надьюрский водоносный горизонт; консервативные загрязняющие вещества поступают в подольско-мячковский горизонт в результате конвективного вертикального переноса через разделяющие слабопроницаемые отложения. Время фильтрации не рассчитывается для тех участков, на которых подольско-мячковский и надьюрский горизонты образуют единую водоносную толщу, и принимается, что оно не превышает 400 суток или года, что соответствует времени выживания патогенных микроорганизмов в подземных водах.

Компьютерная технология расчета заключалась в создании цифровых поверхностей всех расчетных параметров на квадратной сетке с шагом 10 м (размер ячейки сетки – 1 мм² при масштабе карты 1:10 000) и в последующем применении к ним геоинформационных операций [6]. Для создания цифровых поверхностей напоров подземных вод использовались данные, переданные ГУП «Мосгоргеотрест» при актуализации в 2012 г. «Карты районирования по условиям взаимосвязи водоносных горизонтов с элементами защищенности подольско-мячковского горизонта», созданной в ИГЭ РАН

в 2009 г. [10]. Для создания цифровых поверхностей коэффициентов фильтрации была разработана концепция изменения проницаемости келловей-оксфордских и верхнекаменноугольных глин в зависимости от степени их эрозионного размыва и приуроченности к структурно-геодинамическим элементам и с учетом региональных закономерностей и диапазонов изменения параметров в ПДМ Москвы [2,3]. Для создания цифровых поверхностей мощностей глин было выполнено 3-х мерное геологическое моделирование на основе крупномасштабных геологических карт [5,6,8] и более 200 дополнительно построенных разрезов.

В результате фильтрационных расчетов для центра каждого расчетного блока были получены значения времени вертикальной фильтрации загрязненных подземных вод из надбюрского водоносного горизонта в подольско-мячковский. Границы гидрогеологических окон разных порядков проводились по изолиниям времени вертикальной фильтрации, соответствующим 400 суткам, 3, 15, 25, 50 и 100 годам.

Кроме того, по тектоническим признакам были выделены потенциальные гидрогеологические окна разных типов на участках повышенной трещиноватости и проницаемости пород, приуроченных к неотектоническим структурам – линеаментам и геодинамически активным зонам [2].

Легенда и основное содержание

На оригинальной карте гидрогеологические окна разного порядка показаны цветовой гаммой с соблюдением, так называемого, принципа «светофора». Наиболее опасные в алой цветовой гамме, переходящей через желто-оранжевый цвет к наименее опасным, окрашенным в желто-зеленую гамму. Участки отсутствия гидрогеологических окон окрашены в зеленый цвет.

Гидрогеологические окна I-го порядка выделяются по результатам геологического картирования на участках, где надбюрский и подольско-мячковский образуют единый водоносный горизонт, и по результатам расчетов, если время вертикальной фильтрации менее 400 суток, что соответствует времени выживания патогенных микроорганизмов в подземных водах. Для этих окон на карте показывается водоохранная зона надбюрского горизонта размером от 300 до 500 м, в пределах которой не должно быть источников загрязнения [9]. Это наиболее опасные окна.

Гидрогеологические окна II-го порядка показываются на участках, где время вертикальной фильтрации менее 1000 суток или 3 лет, что соответствует периоду полураспада нефтепродуктов; гидрогеологические окна III-го порядка, если время вертикальной фильтрации составляет менее 15 лет, что соответствует времени разложения большинства (более 60) органических соединений и периоду полураспада трития; гидрогеологические окна IV-го порядка, если время вертикальной фильтрации составляет менее 25 лет, что соответствует расчетному сроку эксплуатации водозабора подземных вод; гидрогеологические окна V-го порядка, если время вертикальной фильтрации составляет менее 50 лет, что соответствует фактическому сроку работы водозабора подземных вод; гидрогеологические окна VI-го порядка, если время

вертикальной фильтрации составляет менее 100 лет, что соответствует характерному времени миграции в подземных водах с учетом сорбционной задержки тяжелых металлов (особенно кобальта), иона аммония, радионуклидов (цезия и стронция) и нитратов с учетом их биохимического разложения (денитрификации).

Если время вертикальной фильтрации загрязненных вод из надъюрского в подольско-мячковский водоносный горизонт превышает 100 лет, то такой участок не относится к гидрогеологическому окну, так как за этот период успевает произойти биохимическое разложение органических загрязнителей, денитрификация, инактивация радионуклидов, сорбция тяжелых металлов слабопроницаемыми отложениями в верхних частях разреза.

Потенциальные гидрогеологические окна 1-го типа выделены на участках с наиболее высокой предполагаемой проницаемостью горных пород в узлах пересечения линеаментов и линеаментных зон различной протяженности и возраста; 2-го типа, с более низкой проницаемостью отложений, выделены по совпадению, наложенности нескольких разновозрастных линеаментов друг на друга; 3-го типа на территориях, расположенных в Москворецкой и Лихоборской геодинамически активных зонах [2].

На карте также показаны тальвеги доюрских и доледниковых эрозионных врезов, опорные скважины с результатами расчета времени фильтрации и другая географическая и административная информация. Фрагмент карты приведен ниже.

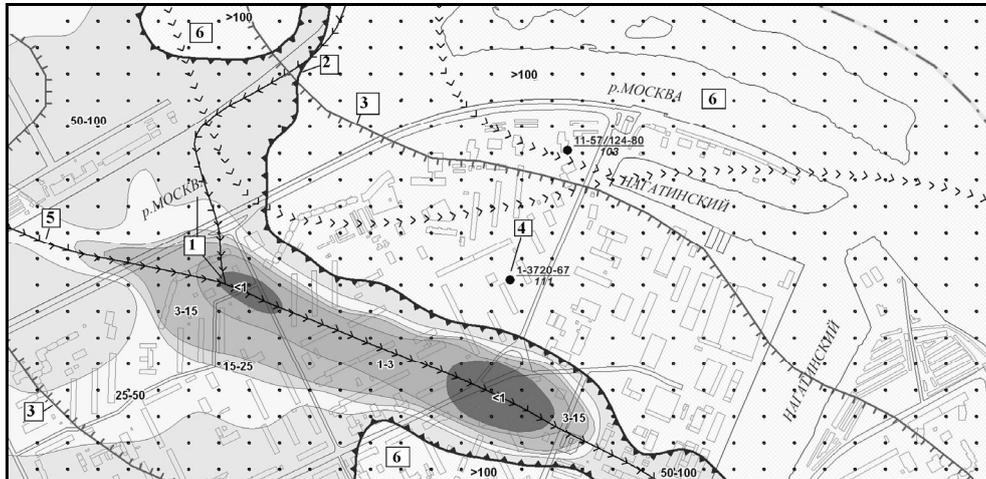


Рис. Результаты картирования гидрогеологических окон в Нагатинском затоне:
 1 – окна с I-го (время вертикальной фильтрации менее 1 года) по VI –ой порядок (вертикальной фильтрации от 50 до 100 лет) порядков; 2 – границы гидрогеологических окон; 3 – граница водоохранной зоны надъюрского горизонта; 4 – опорная скважина; 5 – тальвеги погребенных доледниковых эрозионных врезов; 6 – участки отсутствия гидрогеологических окон

Заключение

Карта гидрогеологических окон создана при помощи оригинальной методики, сочетающей результаты крупномасштабного геологического картирования территории Москвы [5,8] и фильтрационные расчеты. Результаты картирования позволили выявить наиболее опасные для загрязнения подольско-мячковского горизонта участки и разработать перечень первоочередных необходимых мероприятий для защиты подземных вод от загрязнения. Так, на участках гидрогеологических окон I-го и II-го порядков рекомендовано провести реконструкцию подземных коммуникаций, очистных сооружений и канализационных сетей жилого сектора, дорожной ливневой канализации; ликвидировать свалки и навалы техногенных грунтов; ограничить строительство новых промышленных объектов (за исключением наиболее важных жизнеобеспечивающих сооружений), автозаправочных станций, моек и организовать мониторинг подземных вод с обязательным размещением наблюдательных скважин у экологически опасных объектов.

Карту можно использовать для оценки защищенности водоносных подземных вод от широкого спектра загрязняющих веществ, оценки уязвимости водозаборных участков от проникновения загрязнения с поверхности, для оптимизации мониторинга загрязнения подземных вод.

Выполненный при построении карты анализ гидродинамических, гидрохимических и геолого-структурных особенностей на участках гидрогеологических окон имеет самостоятельное научное и практическое значение для оценки геоэкологической роли эрозионных врезов и выделения окон на малоизученных территориях.

Литература

1. *Гольдберг В.М.* Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды. Л.: Гидрометеоздат, 1987. 247 с.
2. *Дорожко А.Л.* Неотектоника, геодинамически активные зоны Москвы и их геоэкологическое значение // Автореф. дис. на соиск. ст. канд. геол.-мин. наук. М.: ИГЭ РАН, 2014. 26 с.
3. *Зеегофер Ю.О., Клюквин А.Н., Пашковский И.С., Рошаль А.А.* Постоянно действующие модели гидrolитосферы территорий городских агломераций (на примере московской агломерации). М.: Наука, 1990. 198 с.
4. *Кутепов В.М., Кожевникова В.Н.* Устойчивость закарстованных территорий. М.: Наука, 1989. 151 с.
5. *Кутепов В.М., Анисимова Н.Г., Еремина О.Н., Кожевникова И.А., Козлякова И.В.* Карта дочетвертичных отложений как основа крупномасштабного геологического картирования территории г. Москвы // Геоэкология. 2011. №5. С. 411-419.
6. *Мионов О.К.* Геоинформационные технологии для составления крупномасштабных геологических карт территории Москвы // Геоэкология. 2011. №3. С. 198-214.
7. Москва: геология и город // Под ред. В.И. Осипова, О.П. Медведева. М.: АО «Московские учебники и Картолитография», 1997. 400 с.

8. *Осипов В.И.* Крупномасштабное геологическое картирование территории г. Москвы // *Геоэкология*. 2011. №3. С. 195-197.

9. *Пашковский И.С.* Принципы оценки защищенности подземных вод от загрязнения // *Современные проблемы гидрогеологии и гидрогеомеханики: Сб. докл.* СПб.: СПбУ. С. 122-132.

10. *Позднякова И.А., Кожевникова И.А., Костинова И.А. Томс Л.С.* Оценка условий взаимосвязи водоносных горизонтов на основе крупномасштабного картирования геологического строения и гидрогеологических условий г. Москвы // *Геоэкология*. 2012. № 6. С. 527-539.

ГРУНТОВЫЕ ТОЛЩИ ТЕРРИТОРИИ ИРКУТСКА: ТИПИЗАЦИЯ И ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ

Т.Г. Рященко

Институт земной коры СО РАН, 664033 Иркутск, Лермонтова 128.
E-mail: ryashenk@crust.irk.ru

Начнем с двух вопросов. Что такое город? С одной стороны, он является средой обитания и производственной деятельности значительного числа людей, с другой – это городская среда, которая включает природные и техногенные составляющие. В первом случае город рассматривается как экосистема, когда главными становятся проблемы человека, во втором – как геосистема, когда исследуются компоненты среды, природные и измененные человеком [2]. Наши исследования связаны с городом-геосистемой, основными элементами которой являются геологическая среда и техногенные объекты.

«Для чего строятся города? Казалось бы, ответ очевиден – для людей. Но постулат актуален не для всех территорий и, к сожалению, не для Иркутска, который топчется только вокруг вопросов обеспечения граждан доступным жильем» («Аргументы недели», № 38, 09.10.2014 г.). И далее ... «строятся выполненные под максимальные пределы высоты регламента 16-этажные дома, без силуэта, без той самой комфортности среды ... это бараки, только 16-этажные ... идет хаотичная застройка». Эти мысли были изложены в статье по материалам заседания, организованного региональной редакцией еженедельника «Аргументы недели» в Международный день архитектуры 6 октября 2014 г. под девизом: «надежды на создание в Иркутске комфортной среды проживания тают, но еще остаются». Однако в статье нет ни слова об инженерно-геологических условиях Иркутска и их влиянии на планы градостроительства.

Известно, что Генеральный план Иркутска в последние годы корректировался неоднократно. Нам также известно, что в 2000 г. большой коллектив

специалистов был привлечен ОАО «Иркутскгражданпроект» к проведению оценки природных условий городских территорий (составлены и сданы отчеты с различными рекомендациями). Сотрудники Института земной коры СО РАН Т.Г. Рященко и В.В. Акулова в этот период разработали методику и составили схематическую карту современного геоэкологического состояния территории города (масштаб 1:25 000) [8, 10]. Позднее выполнено обобщение материалов с позиций ретроспективы и новых подходов по вопросам инженерно-геологического картографирования в Монголо-Сибирском регионе, в том числе по городам Иркутск и Эрдэнэт (Монголия) [7].

В Юбилейном выпуске историко-географического атласа «Иркутск – 350 лет», который появился в 2011 г., представлены инженерно-геодинамические карты-схемы по гравитационным, эрозионным и суффозионно-эрозионным процессам (указаны вероятность развития процесса в баллах, участки распространения и их доля от общей площади города); итоговая карта-схема отражала степень опасности указанных процессов [9].

О просадочности лессовых грунтов, занимающих 20% городской территории, наиболее удобной для строительства, автор этих материалов не упоминает, отсутствуют также какие-либо данные о грунтовых толщах Иркутска.

На основании изложенного, считаем необходимым изложить принципы типизации грунтовых толщ города, а также оценки их устойчивости к геодинамическим, в том числе техногенным воздействиям, тем более что в настоящее время появились новые рекомендации [3, 4]. Предлагаем наш альтернативный вариант.

Путь к выделению типов грунтовых толщ представляет собой «иерархическую лестницу»: верхняя ступень (грунтовые мегамассивы) – типы геологической среды (ГС) по мощности четвертичных отложений (А – более 10 м, Б – 3–10 м, В – менее 3 м); средняя ступень – подтипы ГС (грунтовые мезомассивы в пределах 11 геоморфологических элементов); нижняя ступень – виды ГС (42 грунтовых микромассива).

Каждый выделенный в пределах геоморфологического элемента микромассив представляет собой типовой разрез грунтовой толщи, который индексируется по следующим признакам: количество этажей – геолого-генетических комплексов (ГГК) и геологических формаций с элювиальной зоной; присутствие лессовых грунтов с опасными свойствами, характер их распространения (сплошное – 0 или островное – 00 залегание) и максимальная мощность; обводненность. Микромассивы можно представить в виде геолого-литологических колонок, которые располагаются за пределами картографического пространства (на карте проставляется их порядковый номер). Количество типовых разрезов в границах одного геоморфологического элемента определяется объемом фактического материала. Например, для поймы Ангары установлено пять микромассивов, в пределах третьей (16–25 м) надпойменной террасы (наиболее удобной и застроенной в разные периоды жизни города территории) – четыре и т.д.

В составе четвертичных ГГК выделены следующие литологические группы (виды) грунтов с указанием их максимальной мощности: крупнообломочные (cr) – песчано-галечные; песчаные (ps) – пески; глинистые (gln) – супеси, суглинки, глины, иногда с включениями дресвы и щебня; лессовые (ls) – лессовидные супеси и суглинки; связные (облессованные) пески (ps**); переслаивание песков и супесей (pg); илистые суглинки, илы (bg); супеси, суглинки с галькой и строительным мусором (tgc).

Элювиальная зона юрской угленосной формации, перекрытая толщей четвертичных отложений, включает суглинки и супеси с дресвой и щебнем выветрелых песчаников, алевролитов, аргиллитов, прослойками и пятнами угля и сажу (gln^x). Формация представлена слабо литифицированными песчаниками (слп) и глинами (гл), а также песчаниками (пс), алевролитами и аргиллитами (ал).

По характеру обводненности грунтовой толщи принята следующая индексация: а – первый от поверхности водоносный горизонт залегает глубже 30 м; пвг – природный горизонт (указан уровень, м); твг – техногенный горизонт (указан уровень, м); в – верховодка; д – болотные воды.

Используя указанные индексы, каждый микромаассив можно представить в виде индексационного кода – аналога геолого-литологической колонки:

$$4-4г-ls0^{12} [IV(dQ_3^3-ls9 dQ_3^2-ls3 aQ_3^1-gln1-cr1 e/J-gln^x1)]-ls12-твг(7)$$

Расшифровка: типовой разрез находится в пределах третьей надпойменной террасы Ангары (4), его номер 4г, первый от поверхности слой – лессовые грунты сплошного залегания мощностью 12 м; грунтовая толща имеет четырехэтажное строение (IV) – верхний (dQ_3^3) и нижний (dQ_3^2) лессовые циклиты, нижневерхнечетвертичный элювиальный комплекс (aQ_3^1) и элювиальная зона юрской угленосной формации; зафиксирован техногенный водоносный горизонт на глубине 7 м.

Итак, для Иркутска составлено 42 колонки и, соответственно, 42 индексации грунтовых толщ. Следующий «шаг» заключался в оценке их устойчивости, которая была выполнена методом экспертных оценок [1, 5, 6]. Для дисперсных грунтов условные индексы выбраны в пределах 1–5, при этом учитывались показатели их физического состояния, стандартные прочность и деформируемость, а также опасные свойства (для лессовых грунтов) – просадочность, набухание, тиксотропное разупрочнение, падение прочности при длительном деформировании. Разнородные грунты техногенного комплекса и песчано-галечные образования (cr) получили 1 индекс как относительно устойчивые, пески (ps) – 2, переслаивание песков, супесей и суглинков (pg) – 2,5; элювиальная зона юрской угленосной формации (e/J) – 3, юрские глины (J) – 4; слабые грунты биогенного комплекса – 5.

Для лессовых грунтов микромаассивов выполняются специальные расчеты. Если они имеют островное залегание – получают 1 индекс, сплошное – 2, далее прибавляется сумма индексов по оценке опасных свойств с помощью разработанной таблицы [8].

Оценка устойчивости грунтов юрской угленосной формации проводилась в пределах индексов 0–1 в зависимости от значения их прочности на одноосное сжатие. Практически всегда в процессе изысканий на строительных площадках Иркутска при вскрытии юрских пород в скважинах отбираются монолиты песчаников и алевролитов для определения их прочности в природном и водонасыщенном состоянии. Эти материалы и были использованы для распределения индексов устойчивости: прочные разновидности получили 0 индексов (фактически только они могут служить эталоном в расчетах приращения балльности при сейсмическом микрорайонировании), средней прочности – 0,1; малопрочные – 0,2; пониженной прочности – 0,3; низкой прочности – 0,4; весьма низкой прочности – 0,5. Как указывалось выше, особую опасность представляют слабо литифицированные песчаники (1,5 индекса) и глины (3,5). Имея разрез грунтовой толщи (микромассива), можно по сумме индексов оценить ее устойчивость: чем больше сумма, тем менее устойчиво основание.

Для учета обводненности толщи предлагается следующая «шкала»: глубина залегания грунтовых вод более 30 м – ставим 0 индексов; 10–30 м – 2; 5–10 м – 3; 2–5 м – 5; 0–2 м – 6.

По каждой из 42 типовых колонок (микромассивов) проведен расчет условных индексов (цифра ставится в прямоугольнике под колонкой), сумма которых изменяется от 6 до 25. Например, для приведенного выше разреза 4 г она равна 23. Нужно сказать, что в пределах третьей (4) и четвертой (5) надпойменных террас Ангары отмечены максимальные значения этой суммы (19–25), что связано с присутствием сплошных покровов лессовых грунтов; для водоразделов (11), где при небольшой мощности четвертичного покрова (2–3 м) вскрыты песчаники юрской формации различной прочности, «оценочный индекс» снижается до 7,5–11,5 (это наиболее устойчивые по грунтовым толщам участки).

Представленный вариант типизации и оценки устойчивости грунтовых толщ Иркутска, безусловно, не является бесспорным, тем не менее, от уровня «благоприятности» или «сложности» грунтовых условий реализован переход к суммарному индексу устойчивости, полученному на базе практической информации и с учетом опасных свойств лессовых грунтов, занимающих значительные территории города.

В заключение следует добавить, что в связи с эволюцией лессовых толщ при техногенных воздействиях в пределах городских агломераций встречаются аномальные ситуации. Так на площадке «Маршал», где в 2005 г. проводилось доизучение грунтового основания (в настоящее время жилой комплекс практически построен), было установлено значительное повышение влажности лессовых грунтов (их мощность 13–19 м), что привело к потере просадочности и набухания. Однако оказалось, что при степени влажности $>0,9$ и высокой природной плотности ($2,00–2,10 \text{ г/см}^3$) грунты имеют в большинстве случаев твердую консистенцию и удовлетворительную стандартную прочность (0,07–0,09 МПа); в редких зонах пластичной консистенции сцепление снижается до 0,025–0,052 МПа. В то же время, согласно

СНиП 2.02.01-83, для четвертичных глинистых грунтов пластичной консистенции с аналогичной плотностью сцепление составляет всего 0,015 МПа.

Подобную нестандартную ситуацию можно объяснить особенностями микроструктуры лессовидных супесей и минеральным составом их тонкоглинистой (< 0,001 мм) фракции. Грунты имеют высокую плотность, поэтому для заполнения межагрегатных и межчастичных пор требуется относительно небольшое количество воды, однако остальной ее объем удерживается в микропорах агрегатов за счет присутствующих там тонкоглинистых частиц, представленных высоко гидрофильным минералом – смектитом. В результате толща находится в относительно устойчивом состоянии с удовлетворительными показателями прочности. По этой причине главная рекомендация проектировщикам комплекса заключалась в том, чтобы сохранить существующий влажностной режим лессовой толщи, в противном случае незначительное повышение влажности приведет к возникновению новых зон пластичной и даже текучей консистенции, что повысит риск проявления ползучести и тиксотропного разупрочнения (напомним, что Иркутск находится в 8–9-балльной сейсмической зоне).

Литература

1. Геоэкологический анализ территорий распространения природно-техногенных процессов в неоген-четвертичных отложениях Прибайкалья / С.А. Макаров, Т.Г. Рященко, В.В. Акулова. – Новосибирск: Наука. СИФ РАН, 2000.
2. Город – экосистема / Э.А. Лихачева, Д.А. Тимофеева, М.ПР. Жидков и др. – М.: ИГ РАН, 1996.
3. Инженерная геология России. Том 1. Грунты России / Под ред. В.Т. Трофимова, Е.А. Вознесенского, В.А. Королева. М.: КДУ, 2011.
4. *Осипов В.И., Бурова В.Н., Заиканов В.Г. и др.* Карта крупномасштабного (детального) инженерно-геологического районирования территории г. Москвы // Геоэкология. 2011. № 4. С. 306-318.
5. *Рященко Т.Г.* Региональное грунтоведение (Восточная Сибирь). Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2010а.
6. *Рященко Т.Г.* Типизация геологической среды при сейсмическом микрорайонировании территории г. Эрдэнэта (Монголия) // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. 2010б. № 5. С. 71-78.
7. *Рященко Т.Г.* Инженерно-геологическое картографирование в Монголо-Сибирском регионе (ретроспектива и новые подходы) // Сергеевские чтения. Вып. 14. М.: РУДН, 2012. С. 143-147.
8. *Рященко Т.Г., Акулова В.В., Макаров С.А.* Картографическая модель геоэкологического состояния территории // География и природные ресурсы. 2001. № 4. С. 110-117.
9. *Рыбченко А.А.* Инженерно-геодинамическая оценка современного состояния геологической среды г. Иркутска: Автореф. дис. ...канд. геол.-мин. наук. Иркутск, 2010.
10. *Хотулев Р.А., Рященко Т.Г., Акулова В.В. и др.* Оценка грунтовых толщ при геоэкологических исследованиях на территории города Иркутска // Сергеевские чтения. Вып. 5. М.: ГЕОС, 2003. С. 526-531.

**ОЦЕНКА КОМПЛЕКСНОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА
НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ
ЗАПАДНОГО УЗБЕКИСТАНА
(НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ г. КАРШИ И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ)**

**М.А. Туйчиева, Н.М. Джураев, А. Сапаров,
Ш.И. Ёдгоров, Ф.Р. Артиков, А.С. Хусамиддинов**

Институт Сейсмологии им. Г.А. Мавлянова АН РУз

Комплексный геологический риск определяется вероятностью развития ущербобразующих природных или природно-техногенных процессов и явлений в результате активизации инженерно-геодинамических процессов, которые создают угрозу безопасности жизни населения и объектам экономики.

Методика построения карты комплексного геологического риска. Для пространственного отображения комплексного взаимодействия всех факторов геологических рисков с видами землепользования была использована методика, разработанная в ходе реализации в 2003-2005 гг. Геологической службой Финляндии проекта «*KallioINFO-project*».

При определении современного состояния комплексного геологического риска для территории г. Карши и его окрестностей проводилась экспертная оценка соответствия конкретной местности строительным требованиям. При этом нами в интегральной карте соответствия для территории г. Карши и его окрестностей учитывались четыре геологические характеристики: глубина залегания уровня грунтовых вод, крутизна поверхности, степень просадочности лессовых пород, влияние палеодолин (рисунок). Совместный анализ факторов геологического риска и информации о видах землепользования осуществлялся с применением технологии геоинформационных систем. Все картографические наборы данных, характеризующие территорию города, были преобразованы в растровый формат с размером ячейки 250 × 250 м. Каждой ячейке были присвоены геологические характеристики в соответствии с их классификацией, а также соответствующий вид землепользования. На следующем этапе для каждой ячейки были определены 4 частных значений риска в соответствии с матрицей геологических рисков.

Комплексный показатель геологического риска определялся по формуле:

*Комплексный геологический риск = пригодность для строительства * 1 000 000 + влияние уровня залегания грунтовых вод * 100 000 + крутизна склона поверхности * 10 000 + степень просадочности лессовых пород * 1 000 + влияние палеодолин**

В соответствии с приведенным выражением был построен интегрированный растр, каждая ячейка которого содержит значение от 0000 до 4444. Первая слева цифра характеризует пригодность для наземного строительства в контексте той или иной формы землепользования, вторая – влияние уровня залегания грунтовых вод, третья – крутизну склона поверхности, четвертая – влияние палеодолин.

За величину комплексного геологического риска в каждой ячейке принимается максимальное значение из четырех частных параметров. Таким образом, если в ячейке растра имеется хотя бы одна характеристика со значением 4, это означает, что в данном месте имеется потенциально высокий риск для выбранного вида землепользования, и обязательно должна быть обеспечена система учета факторов риска. На комплексной карте геологического риска отражен уровень геологических опасностей (потенциал риска), показанный четырьмя различными знаками. Для анализа структуры комплексного геологического риска в Атласе приводятся также карты четырех частных рисков.

Оценка геологического риска. Потенциал геологического риска оценивается для каждого типа землепользования и каждого класса факторов геологического риска в отдельности. Он имеет четыре уровня и определяется в условных величинах от 1 до 4. Оценка уровней риска для условий г. Карши и его окрестностей осуществляется на основе экспертной оценки инженерно-геологических условий и планирования землепользования. Ниже приводится краткая характеристика каждого из четырех уровней.

Уровень риска 1. Потенциально низкий геологический риск для данного вида землепользования, необходимости в системе учета факторов риска нет. Данная категория выбирается, если учитываемые в комплексной матрице геологические характеристики указывают на очень низкую вероятность опасности, и незначительные ожидаемые при данном виде землепользования потенциальные последствия. Необходимости в системе мер для снижения потенциала опасности или вероятности опасности нет.

Уровень риска 2. Потенциально умеренный геологический риск для данного вида землепользования, рекомендуется система учета факторов риска. Данная категория выбирается, если учитываемые в комплексной матрице геологические характеристики указывают на возможность возникновения опасного события, масштаб потенциальных последствий которого потребует некоторых усилий для восстановления прежнего состояния. Рекомендуется система мер для снижения потенциала опасности или вероятности риска.

Уровень риска 3. Потенциально высокий геологический риск для данного вида землепользования, необходима система учета факторов риска. Данная категория выбирается, если одна или несколько геологических характеристик в комплексной матрице указывают на возможность возникновения опасного события, масштаб потенциальных последствий которого потребует значительных усилий для восстановления прежнего состояния. Следует рассмотреть систему мер для снижения потенциала опасности или вероятности риска.

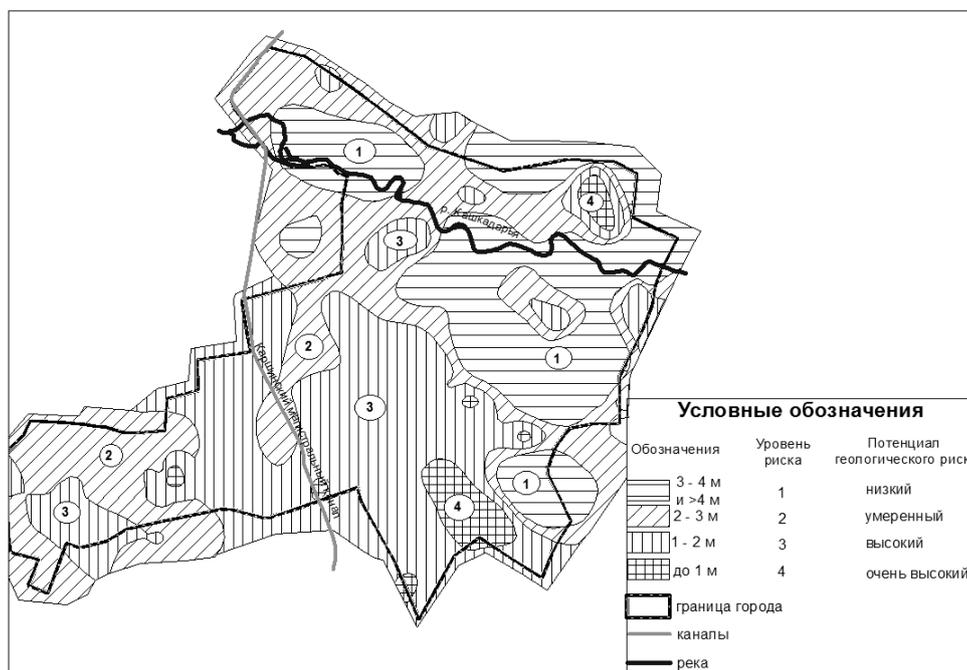


Рис. Карта комплексного геологического риска для территории г.Карши и его окрестностей по состоянию на 2014 г.

Составили: Сапаров А., Джураев Н.М., Туйчиева М.А., Ёдгоров Ш.И. 2014г. (на основании личных исследований с использованием фондовых и литературных материалов.)

Уровень риска 4. Потенциально очень высокий геологический риск для данного вида землепользования, система учета факторов риска обязательна. Данная категория выбирается, если одна или несколько геологических характеристик в комплексной матрице указывают на высокую вероятность возникновения опасного события, масштаб потенциальных последствий которого потребует значительных усилий для восстановления прежнего состояния. Во многих случаях прежнее состояние можно восстановить лишь частично. Следует обеспечить всестороннюю систему мер снижения потенциала ущерба или вероятности риска.

В описанной методике риски рассматриваются как потенциальные, поскольку матрица рисков описывает только предпосылки для их возникновения. Таким образом, значение фактора геологического риска, присвоенного конкретной территории, характеризует предпосылки, способствующие возникновению того или иного типа опасности на ней, однако не может рассматриваться, как оценка вероятности возникновения опасного события (на-

пример, частота подъема уровня грунтовых вод, или скорость развития карста и т.д.). С другой стороны, существующие виды землепользования не определяют непосредственный потенциальный ущерб при возникновении опасного события (возможное число пострадавших, стоимость материальных потерь). Они указывают на предпосылки, способствующие увеличению этого ущерба: концентрация людей в новых жилых массивах, строительство дорогостоящих сооружений или элементов жизненно важной инфраструктуры. При этом для решения потенциальных проблем, связанных с рисками, требуются специальные исследования. Описанная методика пространственного анализа четырех факторов геологических рисков в комплексе с условиями наземного строительства является первым опытом оценки соответствия перспектив городского развития условиям геологической среды. В данном случае при расчете величины комплексного геологического риска было принято предположение о равнозначности всех четырех факторов. Однако методика дает возможность использовать при необходимости систему весовых коэффициентов, позволяющую подчеркнуть вклад каждого фактора. В частности, возможно также применение среднего значения по всем характеристикам (с равными весами), что, однако, может привести к сглаживанию величины комплексного риска и исчезновению отдельных существенных локально высоких.

Согласно карты (рис.) 13% территории г. Карши относится к 4 уровню риска, 64% к 3 уровню и только 10% к первому. В зависимости от уровня комплексного геологического риска подбираются мероприятия по уменьшению отрицательных последствий ущербобразующих процессов.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ КАРТЫ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА ТЕРРИТОРИИ г. ВЛАДИВОСТОКА

И.В. Чеснокова, О.В. Борсукова

Институт водных проблем РАН 119333 г. Москва, ул. Губкина, д. 3.
E-mail: koffgl@mail.ru

Инженерно-геологическое районирование территории г. Владивостока включало комплексное изучение инженерно-геологических условий района (рельеф, геологическое строение, геоморфологические, гидрогеологические условия, состав, и свойства грунтов, инженерно-геологические процессы, прогноз возможных изменений инженерно-геологических условий при взаимодействии проектируемых сооружений с геологической средой).

Рельеф района г. Владивостока был подразделен на четыре морфологических типа: низкогорный, холмисто-увалистый, эрозионно-аккумулятивный и эрозионные долины.

Низкогорный рельеф имеет наибольшее распространение в районе. Основной водораздел между Уссурийским и Амурским заливами имеет северо-восточное простирание, т.е. в общем, совпадает с направлением основных геологических структур. Водоразделы между крупными водотоками имеют западное и северо-западное простирание, а между второстепенными – весьма различное.

В зависимости от субстрата низкогорный рельеф подразделяется на подтипы: а) рельеф, развитый на гранитоидах; б) рельеф, развитый на эффузивах и частично на осадочных породах барабашской свиты; в) рельеф, развитый на эффузивах и осадочных породах верхней части поспеловской свиты; г) рельеф, развитый на песчаниках нижнего триаса; д) рельеф останцев, покровов и штоков фельзитов на полуострове Черкавского.

Холмисто-увалистый рельеф развит на песчаниках нижней части поспеловской свиты, расположен в южной и юго-восточной части г. Владивостока. Относительные превышения колеблются от 30 до 180 м, абсолютные отметки – от 80 до 180 м. Наивысшая точка г. Монастырская – 192,7 м. Хребты широкие (до 70 м), округлые, постепенно переходящие в склоны с углом наклона 10-20°. На склонах, обращенных к бухтам Улисс и Патрокл, развиты современные, а в бухте Диомид – древние делювиальные шлейфы небольшой протяженности.

Эрозионно-аккумулятивный рельеф. Долины крупных и мелких водотоков, впадающих в Уссурийский и Амурский заливы, расположены в крест простирания основных геологических структур, вдоль субширотных нарушений. Долины ключей, впадающих в вышеперечисленные водотоки, а также в пролив Босфор-Восточный, расположены в основном параллельно простиранию основных геологических структур. В долинах крупных водотоков развиты I, II и III террасы.

Морской берег Амурского и Уссурийского заливов относится к переходному между лопастным и выровненным (абразионным) берегами. Исключение представляет побережье пролива Босфор-Восточный, где оно представлено риасовым типом. Берег Уссурийского залива имеет обрывистый подводный береговой склон и подвергается значительным абразионным процессам.

Современные морские террасы (I терраса) представлены в основном пляжем и частично террасой. Верхнечетвертичные морские террасы распространены в северо-западной части бухты Улисс, в северной части п-ова Басаргина и бухты Патрокл. Поверхность террасы слабо заболочена.

Древнечетвертичная терраса смешанного происхождения распространена по побережью Уссурийского и Амурского заливов. Она представляет собой древнюю террасу, перекрытую более молодым, по-видимому, среднедревнечетвертичным делювиальным шлейфом. Терраса цокольная и аккумулятивная. Угол наклона уступа от 20 до 60-70°, со стороны Амурского залива, и обрывистый, со стороны Уссурийского залива.

Каньонообразные эрозионные долины развиты на южных и юго-восточных склонах г. Холодильник и частично на восточном склоне высоты

458,1. Овраги в основном распространены в верховьях долин ключей и имеют V – образный поперечный профиль. По бортам оврагов, особенно растущих, развиваются оползни и оплывины рыхлых отложений.

В настоящее время район г. Владивостока испытывает медленное поднятие (сохранение древних, морских террас и делювиальных шлейфов). Это общее поднятие проходит также, как и в среднечетвертичную эпоху: максимально оно на северо-востоке района. Доказательством этого служит наличие более высоких абсолютных отметок, в северной части полуострова Муравьева-Амурского при наличии такого же субстрата, что и в южной части, рiasовый тип берега вдоль пролива Босфор-Восточный.

В строительной практике г. Владивостока используются самые разнообразные породы. Это пермские, триасовые, меловые песчаники, алевролиты, конгломераты, пермские интрузивы и эффузивы, четвертичные речные, морские, склоновые отложения. Все они нашли своё применение или как естественные основания для самых разнообразных зданий и сооружений, или как среда и материал для некоторых из них.

Большое количество литологических разностей, широкие пределы изменения их свойств затрудняют оценку отдельных районов в целом. В решении подобной задачи значительную помощь может оказать инженерно-геологическая классификация пород, составленная на основе детального изучения свойств их как естественных оснований и выбора из многообразия характеристик тех, которые наиболее полно отражают качество тех или иных пород.

Важнейшими признаками для классификации пород как оснований являются: характер связи между составляющими компонентами, монолитность или дисперсность, генезис и возраст, петрографический состав, прочность, допускаемое давление, углы естественного откоса для несвязных пород и углы внутреннего трения для связных, объемный вес, естественная влажность, коэффициент крепости по Протодьяконову и др. В районе г. Владивостока физико-геологические явления проявляются весьма разнообразно и зависят от геоморфологических элементов, литологии дочетвертичных пород, мощности и состава чехла рыхлых отложений.

Во всех горных породах района г. Владивостока наблюдается интенсивная мелкая трещиноватость. Для изучения её во время маршрутов производились тематические наблюдения по программе, предложенной А.В. Королёвым. Кроме того, по ряду участков произведены массовые замеры трещин. Все замеры обработаны на равноплощадной сетке Зандера-Шмидта. По генезису все трещины в коренных породах района г. Владивостока были разделены на: 1) тектонические, во всех литологических разностях; 2) трещины остывания и выветривания в гранитоидах и диабазах; 3) мелкая тектоническая трещиноватость, трещины выветривания и отпора, в остальных литологических разностях.

Показатели, использованные нами в классификации, получены в лабораторных условиях, а также при полевых экспериментах. Также использова-

ны результаты, полученные различными проектными и изыскательскими организациями г. Владивостока [1].

Важными факторами, определяющими *гидрогеологические* условия, являются геологическое, рельеф и климат, которые помогают разобраться в условиях накопления, циркуляции и разгрузки подземных вод. Используя данные по литологии пород, стратиграфическому положению, условиям залегания и трещиноватости, водообильности, а также по условиям питания, разгрузки были выделены следующие водоносные комплексы пород: 1) водоносный горизонт пляжевых отложений; 2) водоносный горизонт аллювиально-морских отложений; 3) водоносный горизонт аллювиальных отложений; 4) воды склоновых отложений; 5) водоносный горизонт террас смешанного происхождения; 6) водоносный горизонт меловых отложений; 7) водоносный горизонт отложений триаса; 8) водоносный комплекс пермских пород барабашской свиты; 9) водоносный комплекс пермских пород поспеловской свиты; 10) водоносный комплекс интрузивных верхнепермских пород; 11) напорные воды зон тектонической трещиноватости.

Основными *инженерно-геологическими явлениями*, получившими развитие в застроенной части города, являются овраги, оползни, обвалы, отложения временных потоков (пролювий), морозное пучение.

Овраги и оползни получили особенно большое развитие в местах города, где меньше всего многоэтажных домов и отсутствуют мощёные дороги. Возникновение их связано с нарушением растительного покрова. Необходимы профилактические меры, предупреждающие их развитие.

Обвалы в городской черте возникают в районах, где были произведены строительные работы (постройка дорог со снятием части коренных пород, а также строительных котлованов), без соответствующего закрепления искусственных коренных кодов подпорными стенками.

Широкое распространение на территории полуострова имеют осыпи, развитые на вершинах и крутых склонах сопок. Они подразделяются на естественные и искусственные.

Естественные осыпи встречаются, например, на склонах г. Холодильник, искусственные – развиты вблизи сооружений, расположенных на вершинах и склонах высот, в также вокруг каменоломен. Осыпи выделяются закреплённые и незакреплённые. Необходимы укрепительные мероприятия, предупреждающие их развитие.

Отложения временных потоков (пролювий) наблюдаются по низовым улицам: Ленинская, Нижне-Портовая и др. Отложения эти связаны с ливнями в летнее время, когда происходит смыв рыхлого покрова с вышележащих не асфальтированных улиц и дворов, а также со склонов сопок, на которых в настоящее время отсутствует растительный покров. В связи с этим надо отметить, что мощение улиц, (особенно восходящих) нерентабельно, т.к. в период сильных осадков песчано-гравийная подушка вымывается. Морозное пучение имеет широкое распространение в связи с развитием глинистых пылеватых грунтов.

В результате проведенных работ на территорию г. Владивостока была составлена карта инженерно-геологического районирования [2], где выделены районы по условиям специального строительства.

Район I занимает долины рек и участки прибрежных равнин. Поверхность плоская, местами волнистая, часто заболоченная, расчлененная руслами рек и ручьев. Район сложен до глубины 10 м нескальными породами: песками, местами с гравием и галькой, супесями, суглинками, переслаивающимися и взаимозамещающимися. Пылеватые и мелкие пески в водонасыщенном состоянии могут обладать пльвинными свойствами. Район не благоприятен для производства специальных работ из-за наличия неустойчивых обводненных пород, плохой проходимости, затопления в половодье и паводки.

Район II занимает Артемо-Тавричанскую равнину с пологоволнистой поверхностью. Местность неглубоко расчленена слабо выраженными в рельефе долинами, местами залесенная, распаханная, иногда заболоченная. Район сложен до глубины 10 м преимущественно глинами, суглинками местами лесовидными, реже супесями. Ближе к склонам суглинки обогащены и обломочно-щебнистым материалом. Развито оврагообразование, в меньшей мере заболочивание. На дороге Угловое-Находка отмечаются просадочные явления.

Район III занимает холмисто-грядовые предгорья. Местность глубоко расчлененная, преимущественно залесенная. С поверхности до глубины 2-5 м развиты нескальные делювиально-пролювиальные, делювиально-коллювиальные, коллювиальные образования, представленные глинами, суглинками, супесями, щебнем, дресвой, глыбами в различных сочетаниях мощностью 2-5, реже 5-10 м. Под нескальными грунтами залегают скальные осадочные, эффузивные и интрузивные породы. Широко развиты овражная эрозия, интенсивно проявленная на склонах, обращенных к Уссурийскому заливу. Район в целом характеризуется неудовлетворительными условиями специального строительства. Относительно более удобны для проведения работ не залесенные или частично залесенные широкие водоразделы и пологие склоны гор, где выработки будут проходить в продуктах выветривания гранитов, гранодиоритов и гранит-порфиров мощностью до 5 м, реже больше.

Район IV занимает низкогорные хребты в осевой части п-ова Муравьева-Амурского и предгорья холмисто-грядовые с преобладающей крутизной склонов от 15-20° до 25°. Местность залесенная, сильно расчлененная. Практически с поверхности залегают скальные породы: гранодиориты, диориты, андезиты, дациты, песчаники, алеволиты. Скальные породы до глубины 1-2 м выветрелые, глубже слабовыветрелые, плотные, прочные. Район неблагоприятный для производства специального строительства ввиду труднодоступности местности и распространения крепких скальных пород, требующих для разработки применения взрывчатых веществ.

Инженерно-геологическое районирование территории города дает возможность провести классификацию территории по степени сейсмической опасности (риска), подойти созданию научно обоснованной карты сейсмического риска, что позволит на стадии проектирования оперативно принимать

решения о сейсмичности площадки строительства и сейсмозащите зданий и сооружений. По оценкам специалистов (НПЦ «Сейсмозащита», г. Владивосток), от 60 до 90 процентов зданий и сооружений в городах и населённых пунктах Приморского края должны быть отнесены к несейсмостойким, а с учётом техногенных изменений грунтов основания дефицит сейсмостойкости по отдельным объектам составит 1-3 балла. Исследования, показали, что разница в стоимости строительства в сейсмических районах Дальнего Востока, по сравнению с несейсмическими, в среднем составляет для 7 балльных зон – 4%, 8 балльных зон – 8% и для 9 балльных зон – до 12%.

Литература

1. Отчет об инженерно-геологической съемке масштаба 1:200000 на Амурском участке. ПГО "Приморгеология", Вольно-Надеждинское, 1988, 107 с.
2. Кофф Г.Л., Фарафонов А.Э., Беккер А.Т., Аникеев В.В., Мельников О.А., Федченко П.Ф., Рюмина Е.В., Чеснокова И.В., Иващенко А.И. Априорный анализ сейсмической уязвимости жилой застройки г. Владивостока. – Владивосток: Дальнаука, 2008, 206 с.

2. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ГОРОДОВ

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЗЕМНОГО СООРУЖЕНИЯ

Т.Т. Абрамова

МГУ им. М.В. Ломоносова, 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы,
Геологический факультет. E-mail: attoma@mail.ru

В настоящее время в г. Москве, особенно в ее историческом центре, наблюдаются новые тенденции градостроительства, так как дальнейшее развитие города невозможно без перевода многих объектов городского хозяйства в подземное пространство. В связи с этим необходим постоянный мониторинг историко-культурной литотехнической системы, которая является неотъемлемой частью мероприятий по сохранению культурного наследия и обеспечению устойчивого развития города [5]

С конца XX века в центре Москвы начали строить подземные сооружения, но перед этим велись археологические исследования, в результате которых были обнаружены памятники XI-XII вв. и средневековой Москвы. Это раскопки на Манежной площади, Никольской улице, в Зарядье и др. Часть памятников были изъяты из земли и переданы в музеи, но большинство из них, особенно крупные находки, сохранить и музеефицировать не удалось.

Вопрос о создании в мегаполисах археологических заповедников, а также вопрос об организации музеев под открытым небом или под землей неоднократно ставился на Международных конференциях и симпозиумах.

Однако сохранение археологических памятников, находящихся ниже уровня земли до настоящего времени является малоизученной и сложной проблемой. Связано это со специфическими условиями функционирования подземного сооружения: отсутствием ультрафиолетовых лучей, хорошей вентиляции и определенным температурно-влажностный режим. Все это создает благоприятную среду для грибковых и солевых новообразований на поверхности стен и экспонатах, что приводит к нарушению экспозиционного вида и разрушению памятников за счет процессов соле- и биокоррозии. И с этими процессами приходится бороться.

Первый подземный музей в России был построен в Москве на территории музея «Палаты бояр Романовых» на месте археологического раскопа в 1990 г. Его экспозиция включает собственный археологический материал, полученный при двух раскопках 1983-1985 гг. и 2005 г., и дает представление о Москве, о древнем районе Зарядье и усадьбе бояр Романовых XVI века. Главной частью экспозиции является руинированная печь-поварня XVI в., входившая в состав двора Романовых. Еще один уникальный объект – «окно в прошлое» – это музеефицированная часть стены археологического раскопа, химически закреплённая *in situ* в 1988 г. [2]. В этом археологическом памятнике в грунте культурного слоя XVI-XVII вв. встречаются остатки строительного материала (кирпич и «белый камень»), а также керамика, кости и др.

Для обеспечения сохранности перечисленных объектов с 1990 г. проводились регулярные наблюдения за эксплуатацией музея. До 2005 г. археологические памятники в музее находились в хорошем состоянии. К этому времени после проведения первых археологических раскопок прошло более двух десятков лет, и возникла необходимость дополнительных исследований. Новые археологические раскопки были проведены уже в помещении подземного музея летом 2005 г. Было вскрыто более 13 кубометров грунта. Отброс грунта долгое время оставался в музее (до глубокой осени). В результате исследований археологи полностью расчистили печь-поварню XVI в. Вследствие этого в музее была подготовлена новая экспозиция с созданием научной реконструкции домовой печи.

Анализ состояния наблюдаемых объектов за период времени до 2005 г. показал, что данный вариант сохранения экспонатов в музее оптимален. Так, среднегодовая влажность соответствовала 60%, а температура – 10°C. Условия эксплуатации музея, создавшиеся после вторых археологических раскопок, проведенных внутри помещения, перекапывания антропогенной сильно-гумусированной грунтовой толщи, находящейся на глубине более трех метров от дневной поверхности при отсутствии ультрафиолетовых лучей, способствовали постоянному увеличению среднегодовой относительной влажности (до 85%). Кроме этого, при подготовке к новой экспозиции в музее были включены отопительные приборы, что привело к подъему температуры в помещении. Такие резкие колебания температуры и влажности только в течение двух лет привели к потере устойчивости руинированной кирпичной домовой печи-поварни XVI в. с обнаженным грунтовым основанием. Произошло частичное обрушение грунтов культурного слоя и кирпичной кладки печи. В связи с этим потребовалась срочная химическая консервация *in situ* этого археологического объекта, которая была выполнена в 2007 г. [1].

В связи с тем, что произошло нарушение стабильности состояния грунта культурного слоя и температурно-влажностного режима, в данном подземном пространстве сформировался комплекс благоприятных условий, способствующих интенсивному развитию микробиоты. Продукты микробной деятельности резко проявились в виде огромного скопления колоний грибковых мицелий на всей поверхности экспонируемого памятника «окно в прошлое».

Результаты исследований показали высокую степень контаминации кроме этого и всех объектов, находящихся в витринах подземного музея (10–100 КОЕ/см). Почти во всех образцах микробиологами Санкт-Петербургского горного университета обнаружены плесневые грибы. Доминирующими по числу видов оказались роды *Penicillium canescens*, *Aspergillus glaucus*, *Aspergillus ustus*; *Rhodococcus sp.*, известные как биодеструкторы строительных материалов.

Исследование экспонируемого фрагмента саркофага, представленного известняком, с помощью электронного микроскопа LED-1450 с приставкой IN6A-300 показало, что вся его поверхность пронизана нитевидными и аморфными образованиями, которые вырастают из частично растворенных зерен кальцита.

Известно, что агрессивность микробиоты подземного пространства напрямую зависит от температуры и влажности. Поэтому мы в течение нескольких лет старались бороться с повышением влажности, которое достигало в отдельные месяцы 2008 г. рекордных значений – 100% и практически не снижалось впоследствии, в 2011 году оно составляло 95%. Для этих целей мы использовали передвижной осушитель воздуха «РЕМКО ETF 300-500», и в настоящее время влажность колеблется в пределах 72%.

Борьба с микробиотой воздуха осуществлялась с помощью бактерицидного рециркулятора воздуха «UVR-Mi». Кроме этого для уничтожения плесневых грибов нами были использованы биоциды в широком ассортименте, выпускающиеся российскими и зарубежными предприятиями, применение которых возможно внутри помещения для грунтов культурного слоя. Это: «ОЛИМП. Стоп-плесень» (ЗАО «Декарт»), «Тефлекс. Антиплесень» (ЗАО «Софт Протектор»), «Тефлекс. Реставратор» (ЗАО «Софт Протектор»), «Мипор» (ООО НПК «СТРИМ»), «Асептик» (НПФ «Строймост»), Пороцид (Германия). Было выявлено, что в нашем случае наиболее активным биоцидом, ограничивающим размножение микроорганизмов, является препарат «Асептик». Все эти мероприятия позволили удерживать допустимый уровень микробной зараженности в музее до июля 2012 г.

Однако через несколько месяцев произошло сильное осыпание дисперсных частиц грунта на археологическом объекте «окно в прошлое». Известно, что биоповреждения обычно становятся очевидными на стадии активного биоразрушения. Это обусловлено тем, что со временем бактерицидно-грибковые ассоциации адаптируются к условиям существования и продолжают размножаться несмотря на дефицит питательных веществ. Ранее учеными определено, что при отсутствии питательных элементов бактерии способны их извлекать, разрушая, прежде всего, алюмосиликатную часть грунтов, т.е. глинистые минералы. Плесневые грибы, прорастая гифами в поры и капилляры археологических объектов, вызывают растрескивание и вспучивание поверхностного слоя [3].

Поражение археологических объектов плесневыми грибами в подземном помещении привело к резкому повышению спор грибов в воздухе, что может пагубно повлиять на здоровье работающих в нем людей, а также экс-

курсантов [9]. Для выявления оценки масштабов грибного поражения археологических объектов микробиологом биологического факультета МГУ Петушковой Ю.А. был проведен более полный анализ состояния музея. Были выбраны три наиболее уязвимые зоны: 1 – вблизи объекта «окно в прошлое»; 2 – в районе домашней печи; 3 – рядом с экспозиционными витринами. В каждой из них отбирались две пробы на среды ПДГ и Чапека. Кроме этого определялись микроорганизмы и на археологических объектах. Места отбора проб в дальнейшем повторяли данную схему с целью сравнительного количественного микробиологического анализа.

Полученные результаты показали высокий и чрезвычайно высокий уровень микробной контаминации (до 4720 КОЕ/м³ воздуха на среде ПДГ и 3780 КОЕ/м³ воздуха на среде Чапека). Микробиологический анализ проб всех археологических объектов также показал чрезвычайно высокую степень микробной зараженности, достигающую значений 7,5·10⁴ КОЕ/ 1 г пробы. В них были обнаружены плесневые грибы: *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*, *Cladosporium sp.*, *Rhizopus sp.* и бактерии: *Bacillus sp.*, *Rhodococcus sp.*, *Micrococcus sp.* Доминирующими являются *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.* и *Bacillus sp.* Определено, что видовой состав грибов и бактерий, содержащихся в воздухе и на археологических объектах, однотипен.

Выявленные виды известны как биодеструкторы различных материалов, а часть из них, как патогенные и условно-патогенные [4,6,7]. Грибы, развивающиеся в толще и на поверхности археологического объекта, не являясь по своей природе болезнетворными, в организме человека могут приобретать паразитарные свойства и вызывать инфекционные поражения. Так, например, *Aspergillus sp.* – род высших плесневых грибов, широко распространен в природе, и очень устойчив к воздействию внешней среды. С деятельностью этих микроорганизмов связан аспергиллез, широкий спектр опасных заболеваний человека, которые могут закончиться летальным исходом. Заражение грибами этого рода происходит через дыхательные пути и может поражать дыхательную, центральную нервную систему, пищеварительный тракт, кожу, органы чувств [9].

Патогенные виды рода *Penicillium sp.* вызывают у человека заболевания, известные под названием пенициллинозы. У людей, склонных к аллергическим реакциям могут вызываться микогенные аллергии в виде астматического бронхита, бронхиальной астмы и крапивницы [10].

Некоторые представители спорообразующей почвенной бактерии *Bacillus sp.* продуцируют энтеротоксины, которые вызывают токсикоинфекции у человека (один из них – возбудитель сибирской язвы) [8].

Таким образом, резкое повышение микробиоты, нестабильность ТВР в помещении явились основными причинами разрушительного действия на экспонируемую археологическую коллекцию в музее. Такое катастрофическое положение в музее потребовало срочного его закрытия для посетителей и эффективного обеззараживания всего помещения. Это удалось осуществить только с помощью облучателей ультрафиолетовых бактерицидных «УФО-БАКТ» (напольных и настенных), разработанных Н.Н.Новиковым, доктором

медицинских наук академиком Медицинской академии России. Аэромикробиологическое обследование, проведенное в марте 2013 г., показало, что степень микробной контаминации воздуха помещения значительно снизилась (микроспоровиды в 57-140 раз; бактерии в 4-56 раз) до показателей, соответствующих допустимому уровню (280 КОЕ/м³ на среде ПДГ и 140 КОЕ/м³ на среде Чапека).

Объект «окно в прошлое» с поверхности был зачищен от осыпающегося дисперсного грунта, дополнительно укреплен органосиликатным раствором, который использовался нами ранее, а затем обработан антисептическим препаратом АСЕПТИК для дальнейшего экспонирования в музее. Антисептическими растворами были обработаны все археологические экспонаты, представленные в витринах музея.

Проведенные работы по обеззараживанию подземного помещения позволили создать безопасные условия для сохранения археологических памятников и проведения экскурсий. Поэтому 16 мая 2013 г. археологический музей вновь открыт после реставрации для посетителей.

Результаты сравнительного количественного микробиологического анализа проб воздуха помещения, проведенные в июле 2014 года, показали, что ситуация в музее оценивается, как удовлетворительная. Ни в одном из рассмотренных памятников не зафиксировано высокой степени микробной контаминации.

Анализ исследования микробиоты воздуха и микромицетов на различных археологических объектах: керамика, камень, кости или культурный слой в данном подземном пространстве показал относительную устойчивость их видового состава на протяжении семи лет.

Сложность сохранения археологических памятников в музее обусловлена не только количеством и агрессивностью микробиоты, но и температурно-влажностным режимом подземного пространства. Поэтому для защиты и сохранения археологических памятников необходимо продолжить борьбу с повышением влажности и агрессивностью микробиоты в данном подземном музее.

Литература

1. *Абрамова Т.Т.* Консервация грунтов культурного слоя в подземном археологическом музее Москвы. // Сб. «Охрана культурного наследия: проблемы и решения. Материалы ИКОМОС. Вып. 3. М., 2012. С. 63-74.
2. *Абрамова Т.Т., Воронкевич С.Д.* Состав для закрепления грунта. А.С. SU 700583, E 01 D 3/14, Бюллетень «Открытия и изобретения». 1979. № 44. С. 14.
3. *Злочевская И.В.* Биоповреждения строительных материалов микроорганизмами в атмосферных условиях // Биоповреждения в строительстве. М., 1984. С. 257-271.
4. *Кашкин П.Н., Хохряков М.К., Кашкин А.П.* Определитель патогенных, токсикогенных и вредных для человека грибов. Л.: Медицина, 1979. 270 с
5. *Королев В.А., Кузнецова Н.В.* Инженерно-геологические особенности литотехнических систем культурно-исторических сооружений как объектов мониторинга // Инженерная геология, июнь 2012. С. 44-51.

6. *Лугаускас А.Ю., Микульскене А.И., Шляужене Д.Ю.* Каталог микромицетов-биодеструкторов полимерных материалов. М.: Наука, 1987. 340 с.
7. Определитель патогенных и условно-патогенных грибов: пер. с англ. / Д. Саттон и др. М.: Мир, 2001. 468 с.
8. *Стейнер Р., Эдельберг Э., Ингрэм Д.* Мир микробов. Т. 3. М.: Мир, 1979. 486 с.
9. *Хансиварова Н.М.* Микроорганизмы дисперсных пород как потенциальный источник угрозы здоровью человека // Сергеевские чтения: Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, «Развитие научных идей академика Е.М. Сергеева на современном этапе». Вып. 16. 2014. С. 140-144
10. *Фрадкин В.А.* Аллергены. М.: Медицина, 1978. 256 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СТРУЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ В ПОДЗЕМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Т.Т. Абрамова

МГУ им. М.В. Ломоносова, 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы,
Геологический факультет. E-mail: attoma@mail.ru

В настоящее время в крупных городах и мегаполисах резко обозначилась проблема инженерного освоения подземного пространства из-за создавшихся транспортных проблем и дефицита свободных территорий. Строительство новых зданий и сооружений в условиях тесной застройки, связанное с вмешательством в подземную среду, вызывает непосредственные изменения в этой среде, в том числе и на достаточно больших расстояниях от строящегося объекта. Возникают оползневые процессы в основаниях соседних зданий, проявляются тиксотропные свойства некоторых слабых грунтов под влиянием динамических и вибрационных воздействий, происходит ускоренный рост карстово-суффозионных полостей, суффозионные разрушения грунтовых оснований существующих зданий при интенсивном водопонижении на котлованах, подпор подземных вод при строительстве заглубленных помещений и подземных сооружений.

Устройство подземных сооружений в условиях городской застройки на слабых грунтах относится к повышенному уровню риска. Поэтому неправильно решенная задача создания оптимального режима взаимодействия между геологической средой и возводимым подземным сооружением может привести к печальным последствиям. Например, возведение двухэтажного подземного паркинга отеля «Невский палас» на Невском проспекте в Санкт-Петербурге вызвало необходимость полной разборки охраняемых соседних зданий. Сооружение подземного паркинга торгового центра «Стокманн» также привело к осадкам соседних зданий, которые в 4-5 раз превысили предельные нормы. Схожая судьба постигла также здания в Минском переулке и

на улице Союза Печатников в результате строительства подземной части второй сцены Мариинского театра [9].

Успех в строительстве подземных сооружений требует поисков новых рациональных технологий. Наиболее эффективным средством для искусственного преобразования подземного пространства следует признать современную струйную геотехнологию (Jet grouting method) в различных ее видах. Существует три вида струйной технологии: одно-, двух- и трехкомпонентная, отличающиеся числом рабочих агентов, соответственно различным составом оборудования и результатами укрепления грунтов.

Основной метод струйной цементации грунтов запатентован в 1971 г. в Японии. Инженерная идея оказалась настолько плодотворной, что в течение последнего десятилетия данная технология мгновенно распространилась по всему миру. Первые экспериментальные работы по внедрению струйной технологии в отечественную практику были проведены институтами «Гидроспецпроект» и НИИОСП еще в 1978-1983 г.г. Однако она не получила распространения из-за отсутствия материалов и необходимого оборудования. Модернизация и новая жизнь данного метода связана с появлением в РФ западноевропейского и японского технологического оборудования.

Сущность технологии заключается в использовании энергии высоконапорной струи цементного раствора для разрушения и одновременного перемешивания грунта с цементным раствором в режиме «mix-in-place» (перемешивания на месте) [3]. После твердения раствора образуется новый материал – грунтоцемент (грунтобетон), обладающий высокими прочностными и деформационными характеристиками. Главной особенностью этой цементации, как показал мировой и отечественный опыт, является то, что она позволяет укреплять практически весь диапазон грунтов от гравийных отложений до мелкодисперсных глин и илов. Другой особенностью этой технологии является чрезвычайно высокая предсказуемость результатов укрепления грунтов.

К преимуществам данной технологии относятся: высокая скорость сооружения грунтоцементных свай; возможность работы в стесненных условиях; отсутствие ударных нагрузок. Кроме этого вокруг свай происходит существенное уплотнение грунта и, соответственно, повышение его прочностных характеристик. Это связано с «прессующим» воздействием на грунт цементной струи, а также дополнительным уплотняющим воздействием на грунт весового давления столба грунтоцементной смеси. Между стволом сваи и грунтом образуется пограничный слой из отвердевшего чистого цементного раствора, который значительно повышает сцепление сваи с грунтом [6].

Прочностные свойства материала грунтоцементных свай зависят от многочисленных факторов: гранулометрического состава грунта, водоцементного отношения раствора, количества цементного раствора на 1 п.м. сваи, скорости подъема монитора. Анализ мирового и отечественного опыта показывает, что диапазон прочностных характеристик свай колеблется от 0,3-3,0 МПа (торф); 1-12 МПа (ил, глина); 2-14 МПа (супесь, суглинков) до 5-30 МПа (песок, гравий). Технология позволяет изменять количество це-

ментного раствора на единицу объема грунта в широких пределах, иногда до его полного замещения. В этом случае прочность материала свай не зависимо от типа грунта будет равна прочности отвердевшего цементного раствора (30-40 МПа).

Необходимо отметить, что в зависимости от технологических параметров прочностные свойства свай даже для одного типа грунта могут изменяться в достаточно широком диапазоне. Например, при сооружении свай в супесях, снижая водоцементное соотношение рабочего раствора В:Ц от 1,0 до 0,7, можно повысить прочность материала свай в 1,5-2 раза.

Одна из областей применения технологии струйной цементации – это устройство ограждения котлованов из грунтоцементных свай. Варианты конструкции ограждения котлована могут быть различными в зависимости от геологических условий и типа решаемой задачи. Первая схема ограждения из одиночных свай применяется для неглубоких котлованов, сооружаемых в грунтах высокой устойчивости. Второй вариант – из пересекающихся свай является эффективным в случаях, когда необходимо дополнительно обеспечить водонепроницаемость стен котлована. При значительных глубинах для повышения устойчивости бортов возможно устройство ограждения из двух или трех рядов свай. В некоторых случаях применяется комбинированный вариант, когда основную нагрузку воспринимают буронабивные армированные сваи, а грунтоцементные сваи являются бетонной забиркой, обеспечивающей водонепроницаемость стен котлована.

Предприятием ЗАО «ИнжПроектСтрой» выполнены работы по устройству ограждения котлована двухуровневой автостоянки по ул. Мытная в Москве по проекту, разработанному ООО «Инженерное бюро Юркевича». Для обеспечения устойчивости бортов проектной организацией было предусмотрено устройство вертикальных и наклонных свай. Устройство свай, технологический процесс и детальное описание объекта приведено в [7].

Струйная технология была успешно применена при реконструкции ряда зданий на Почтовой улице в историческом центре Санкт-Петербурга под офисно-гостиничный комплекс с подземной парковкой типа «парк-сейф». Все работы велись специалистами ООО «Гелакси» с геодезическим контролем в несколько этапов [9]. В рассматриваемом случае песчаный грунт перемешивался струей раствора на основе портландцемента М400 с водоцементным отношением 0,8-0,9. Для стабилизации свойств цементного раствора применялось последовательное введение в него добавок суперпластификатора С3 и жидкого стекла. По результатам испытаний средняя прочность на сжатие грунтоцемента соответствовала 13,3 МПа, при максимальных значениях 21,83 МПа, что свидетельствует о значительном содержании в нем цемента. Среднее значение модуля упругости образцов созданного грунтоцемента составило 854 МПа.

Широкому внедрению струйной цементации, особенно в глинистых грунтах, мешает отсутствие взаимосвязей параметров технологии с конкретными геологическими условиями, а также низкая управляемость технологии. Выбор технологических параметров струйной цементации, как правило, осу-

ществляется эмпирическим путем, на основе ранее выполненных работ на сходных объектах. Засориным М.С. [4] установлены закономерности влияния числа пластичности глинистых грунтов на прочностные характеристики грунтоцемента, состоящие в том, что с уменьшением показателя числа пластичности грунтов прочность грунтоцемента увеличивается. Кроме этого им уточнен механизм и дана количественная оценка прироста прочности грунтоцемента, полученного посредством струйной цементации глинистых грунтов различного физического состава, на 70 сутки, которая отлична от стандартной методики определения прочностных характеристик на 28 сутки.

Положительный эффект от струйной цементации при переводе пластичных глин в устойчивое состояние с использованием двух экранов из пересекающихся грунтоцементных колонн был получен на трассе тоннеля метрополитена в г. Екатеринбурге [8].

Учитывая опыт применения струйной технологии для неустойчивых глин текучей консистенции в аналогичных геологических условиях при строительстве первой очереди нового мостового перехода через р. Кама было предложено два варианта: сваи с диаметром 600 мм устраиваемые по технологии Jet 1 с шагом 2,0 м и сваи с диаметром 1200 мм – по технологии Jet 2 с шагом 3,5 м. Общее количество свай длиной от 18 до 20 м достигало 405 шт. Контрольное бурение свай показало, что прочность грунтоцемента в глинистых грунтах составила от 2,5 МПа [5].

При проходке автодорожного тоннеля в г. Уфе для укрепления зоны пластичных глин протяженностью 80-100 м было выполнено 480 свай по Jet 1 и 240 свай по Jet 2 при длине свай от 4 до 10 м. Контроль качества работ показал, что укрепленный грунт представляет конгломерат, состоящий из грунтоцемента, небольших областей не промешанной глины и чистого цементного камня, которым были заполнены все трещины [1].

С помощью струйной цементации грунтов в г. Москве выполнено большое количество интересных с инженерной точки зрения объектов. Это: сооружение нулевого цикла многофункционального комплекса «Царев сад»; участки реконструкции Ленинградского проспекта от Беговой ул. до станции метро «Сокол»; транспортная развязка Ленинградского и Волоколамского шоссе в районе м. «Сокол»; участок Краснопресненского проспекта; тоннель под Серебряным бором; участок 3-его транспортного кольца в районе Лефортово; узел головных сооружений на Краснопресненской набережной; пересечение ул. Сушевский вал и ул. Советской Армии и др. В качестве одного из примеров эффективного использования Jet-технологии можно привести усиление оснований буронабивных свай на объекте реконструкции Ленинградского проспекта от Беговой улицы до станции метро «Сокол» в г. Москве. Процедура строительства тоннеля включала 6 последовательно выполненных этапов, более подробно описанных в [10]. Устройство ограждающей конструкции котлована осуществлялось в песчаных водонасыщенных грунтах, обладающих плавунными свойствами ниже отметки 9,0 м от дневной поверхности и включало: два ряда секущих грунтоцементных элементов по одному ряду с внешней и внутренней сторон ограждающей конструкции из бурона-

бивных свай; отдельно стоящие или сдвоенные грунтоцементные элементы в промежутках между буронабивными сваями. В качестве инъекционного раствора использовался цементный с водно-цементным соотношением $\sim 0,8-0,9$. Для ускорения набора прочности грунтоцементного материала и защиты его от агрессивных грунтовых вод вводилась комплексная добавка КДСЦ, разработанная Черняковым А.В., в количестве 2,5% от массы цемента. Геофизические исследования, проведенные специалистами ООО НПО «КОСМОС» и геологического факультета МГУ г. Москвы с помощью метода скважинной сейсмоакустики [10,11], показали, что грунтоцементные сваи являются сплошными (средний диаметр 1,0-1,1 м) с прочностными характеристиками в пределах 1,12-4,0 МПа.

Санкт-Петербург является одним из регионов России с наибольшими объемами струйной цементации из-за залегания слабых текучих грунтов (структурно-неустойчивых) в основаниях зданий, сооружений, дорог и других объектов. С применением этой технологии реализовано ряд крупных и значимых для Санкт-Петербурга проектов: кольцевой автодороги (КАД); 2-ой очереди Западного скоростного диаметра (ЗСД), стволов №1, №4 и №5 резервного коллектора в районе площади Мужества; стартовых котлованов наклонных ходов станций метро «Обводной канал», «Адмиралтейская», «Звенигородская», «Спасская»; котлована комплекса «Стокманн Невский центр»; котлована второй сцены Государственного Академического Мариинского театра и др. Реализация проектов по этой технологии осуществлялась ведущими строительными организациями Санкт-Петербурга: ОАО «Мостостроительный отряд №19», ЗАО «Пилон», ЗАО «СМУ11 Метрострой», ООО «Космос СПб», ООО «СТИС», ООО «Геоизол», ООО «Геострой» и др.

Для оценки прочностных характеристик и сплошности грунтоцементных свай ограждения котлованов на участках строительства сотрудниками ООО «Геодиагностика» в течение 2006-2012 гг. методами акустического просвечивания (прозвучивания) произведен сейсмоакустический контроль сплошности десятков грунтоцементных массивов, устроенных в основаниях зданий и сооружений на вышеперечисленных объектах. Примером эффективного конструктивно-технологического решения использования струйной цементации грунтов при устройстве глубокого котлована в толще слабых грунтов явилась ликвидация деформаций ранее выполненного ограждения при создании грунтоцементной плиты второй сцены Мариинского театра, что позволило обеспечить защиту окружающей застройки. Контрольные испытания показали, что нарушений сплошности в грунтоцементе не выявлено, прочность его на одноосное сжатие соответствует 4,93-7,62 МПа, а модуль деформации превышает проектное значение 400 МПа [2].

Таким образом, из вышесказанного следует, что струйная технология может быть успешно применена в разнообразных геологических условиях для решения геотехнических задач подземного строительства.

Литература

1. *Абрамчук В.П., Педчик А.Ю., Шипицын В.В., Максимов А.А., Яковлев Ю.П., Малинин А.Г.* Укрепление зоны пластичных глин при строительстве автодорожного тоннеля в Уфе // Метро и тоннели. № 4. 2004. С. 4-8
2. *Архипов А.Г.* Струйная цементация грунтов и контроль качества грунтоцементных массивов. <http://geodiagnosics.ru/>
3. *Бройд И.И.* Струйная геотехнология. Учебное пособие. М.: Изд-во АСВ, 2004. 448 с.
4. *Засорин М.С.* Обоснование технологических параметров струйной цементации глинистых грунтов в подземном строительстве. Автореферат дис. канд. тех. наук, М., 2011. 24 с.
5. *Лебешев И.М., Львович Ю.М., Малинин А.Г., Фельдман А.П.* Укрепление слабых грунтов в основании насыпи // Транспортное строительство. 2007. № 3. С. 3-13
6. *Малинин А.Г.* Применение струйной цементации в подземном пространстве // Подземное пространство мира. 2000. № 2. С. 19-20.
7. *Малинин А.Г.* Новое предприятие «ИнжПроекСтрой» // Метро и тоннели. 2003. № 2. С. 30-35
8. *Малинин А.Г., Ляхов С.В., Веселовский В.Н., Дозорец Ю.И., Смирнов В.А.* Цементация неустойчивых грунтов в зоне пересечения подходной выработки с перегонным тоннелем метрополитена в г. Екатеринбурге. «Метро и тоннели». 2007. № 1. С.34-35
9. *Улицкий В.М., Шахназаров А.В., Шашкин А.Г., Богов С.Г.* Геотехническая составляющая строительства подземных паркингов в условиях слабых грунтов (на примере реконструкции комплекса зданий в историческом центре г. Санкт-Петербурга // Геотехника. № 5. 2011. С. 54-67
10. *Черняков А.В.* Применение «Jet-технологии» при строительстве транспортного тоннеля в мегаполисе // Наука и техника в дорожной отрасли. № 3. 2011. С. 14-17.
11. *Черняков, Богомолова, Капустин, Владов, Калинин.* Контроль качества геотехнических конструкций, созданных методом струйной цементации // Технологии сейсморазведки. 2008. № 3. С. 97-102.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ЗАЩЕЛАЧИВАНИЯ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ СУГЛИНКОВ ОСНОВАНИЯ МНОГОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА

Ф.Е. Волков

ГУП институт «БашНИИстрой», г. Уфа, ул. Конституции, 3. E-mail: zashogio@bk.ru

В последние годы строительство жилых зданий все чаще приходится осуществлять на площадках расположенных на надпойменных террасах, сложенных большой толщей связнодисперсных грунтов обладающих сильной деформируемостью. В этой связи актуальным становится вопрос обеспечения надежности основания и эффективности фундамента. Рассмотрим это

на примере строительства 12-ти этажного 6-ти секционного жилого дома на второй надпойменной террасе р. Белой в г. Уфе.

Результаты инженерно-геологических изысканий строительной площадки показывают, что основанием фундаментной плиты в сжимаемой зоне равной 13,5 м являются текуче-пластичные суглинки. Осадка основания фундаментной плиты составляет 25,8 м. При такой осадке основания необходимо применять либо свайно-плитный фундамент, либо увеличить модуль деформации грунта основания до величины при которой осадка основания будет в пределах предельной деформации основания фундамента (фундаментная плита на укрепленном основании).

При первом варианте фундаментирования (свайно-плитный фундамент) сваи придется погружать на глубину более 20 м, опирая нижний конец сваи в песок гравелистый. Потребуется составные сваи. Все это значительно удорожает свайно-плитный вариант фундамента. Устройство фундаментной плиты на укрепленном основании (второй вариант) может оказаться несколько дешевле первого варианта, но зато технологически проще, с меньшими затратами труда на строительной площадке, с одновременным ведением работ по возведению стен здания и укреплению грунта ниже подошвы плиты, что сокращает сроки строительства здания.

Из всех рассматриваемых методов укрепления грунтов на данной площадке рекомендуется использовать для укрепления текуче-пластичных суглинков метод зашпачивания [1], как наиболее эффективный для таких грунтов. Метод основан на нагнетании в грунт раствора гидроксида натрия. В результате химического взаимодействия глинистого грунта с гидроксидом натрия возникают новообразования, цементирующие частицы грунта. Такое укрепление обеспечивает повышение его прочности и водоустойчивости.

В геоморфологическом отношении площадка приурочена ко второй надпойменной террасе р. Белой. Рельеф ровный, абсолютные отметки дневной поверхности изменяются в пределах 101,30-103,20 м.

В геологическом строении площадки до изученной глубины 60,0 м участвует четвертичная, неогеновая и пермская системы. Четвертичная система представлена суглинками от мягкопластичной до текучепластичной консистенции, с тонкими прослоями песка мелкого и включением органического вещества, глиной тугопластичной и песком гравелистым, полимиктовым, водонасыщенным. Неогеновая система сложена переслаиванием глины твердой консистенции. Пермская система представлена мергелем выветрелым с прослоями известняка и известняком трещиноватым.

В результате статистической обработки данных свойств грунтов установлено 4 ИГЭ (рис.) и определены расчетные их значения с доверительной вероятностью 0,85-0,95.

ИГЭ 1 – суглинок текучепластичный; ИГЭ 2 – суглинок мягкопластичный;

ИГЭ 3 – глина тугопластичная; ИГЭ 4 – песок гравелистый.

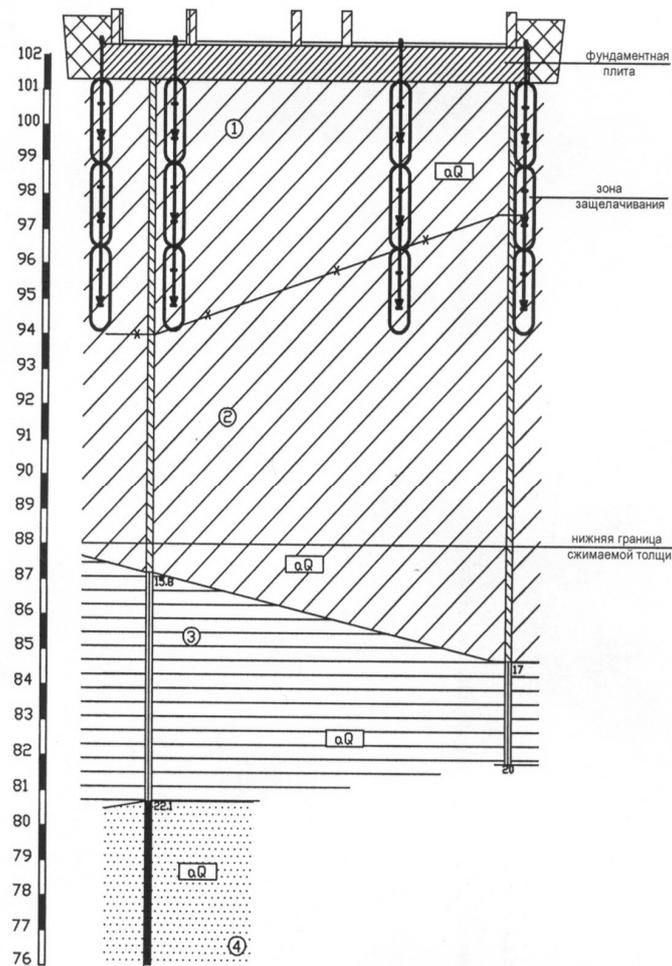


Рис. Инженерно-геологический разрез с зоной защелачивания

Рекомендуемые расчетные значения показателей физико-механических свойств всех установленных в разрезе инженерно-геологических элементов сведены в табл. 1.

Установленный уровень подземных вод первого от поверхности водоносного горизонта на период изысканий (14.10.11-04.11.11 года) зафиксирован на глубине 0,5-1,6 м от дневной поверхности (абсолютные отметки уровня воды 101.00-101.04 м БС).

По химическому составу подземные воды гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевые с минерализацией 1,1-1,2 г/дм³.

По данным статического зондирования грунтов удельное сопротивление ИГЭ 1 под конусом зонда в среднем составляет 1,0 МПа, ИГЭ 2-1,5 МПа.

Таблица 1

Расчетные значения показателей свойств грунтов ИГЭ 1,2,3,4

Наименование показателей	Ед. изм.	Рекомендуемые расчетные значения							
		ИГЭ 1		ИГЭ 2		ИГЭ 3		ИГЭ 4	
		$\alpha=0,85$	$\alpha=0,95$	$\alpha=0,85$	$\alpha=0,95$	$\alpha=0,85$	$\alpha=0,95$	$\alpha=0,85$	$\alpha=0,95$
Влажность природная	д.ед.	0,27	0,27	0,25	0,25	0,26	0,26	–	–
Плотность грунта	г/см ³	1,97	1,96	1,98	1,98	1,92	1,90	–	–
Плотность сухого грунта	г/см ³	1,55	1,54	1,58	1,57	1,51	1,50	–	–
Число пластичности	%	10	10	11	11	18	18	–	–
Показатель текучести	д.ед.	0,80	0,80	0,55	0,55	0,28	0,28	–	–
Коэффициент пористости	д.ед.	0,72	0,72	0,69	0,69	0,77	0,77	–	–
Угол внутреннего трения при природной влажности	град.	19	18	18	17	17	16	–	–
Удельное сцепление при природной влажности	МПа	0,004	0,003	0,01	0,008	0,05	0,05	–	–
Модуль деформации при природной влажности	МПа	7	7	10	10	19	19	–	–
Расчетное сопротивление	МПа	–	–	–	–	–	–	0,4	0,4

Осадку основания фундаментной плиты рассчитываем исходя из значений показателей механических свойств текуче-мягкопластичных суглинков (ИГЭ 1, ИГЭ 2, табл. 1) и параметров плиты: ширина b – 17 м; длина l – 21 м, используя формулу (5.16) [3].

$$S = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zp,i} h_i}{E_i}$$

где $\beta = 0,8$; E_i – модуль деформации i -слоя грунта; $\sigma_{zp,i}$ – среднее значение вертикального нормального напряжения от внешней нагрузки в i -м слое грунта;

$\xi = \frac{2z}{b}$; $Z = \frac{\xi \cdot b}{2} = \frac{0,4 \cdot 17}{2} = 3,4 \text{ м} (h_i)$ – ступень; $p = 260 \text{ кПа}$ – среднее давление под плитой; $\sigma_{zg,i} = 19,8 \text{ кН/м}^3 \cdot 3,4 \text{ м} = 67,32 \text{ кН/м}^2$ (ступень);

$$\sigma_{zg,i} = a_i \cdot p.$$

Таблица 2

Нормальные напряжения в *i*-м слое грунта сжимаемой толщи

Глубина, м h_i	ξ	а	Напряжение, кПа			Модуль деформации, природного грунта, кПа	Модуль деформации укрепленного грунта, кПа
			От внешней нагрузки $\sigma_{zg,i}$	От собственного веса грунта			
				$\sigma_{zg,i}$	0.5 $\sigma_{zg,i}$		
0	0	1,00	260	29,55	14,77	7000	30000
3,4	0,4	0,967	251,4	96,87	48,44	10000	10000
6,8	0,8	0,828	215,28	164,19	82,10		
10,2	1,2	0,651	169,29	231,51	115,76		
13,6	1,6	0,497	129,22	298,83	149,42		
Нижняя граница сжимаемой толщи						1 вариант	2 вариант

Первый вариант двухслойного основания: средняя предельная деформация основания фундаментной плиты составляет 25,85 см. Осадка основания значительно превышает предельные деформации основания фундаментов объектов нового строительства [2].

Для уменьшения осадки основания увеличиваем модуль деформации текучепластичного суглинка до 30 МПа (используя метод защелачивания).

Второй вариант двухслойного основания: средняя предельная деформация основания фундаментной плиты составляет 13,72 см. Осадка основания меньше предельной деформации основания для многоэтажного бескаркасного здания с несущими стенами из кирпичной кладки с армированием.

Таким образом, укрепляя текуче-мягкопластичные суглинки на глубину 6,8 м ниже подошвы плиты до модуля деформации равном 30 МПа, получим надежное основание, средняя осадка которого не будет превышать 14 см.

Для оценки степени укрепляемости водонасыщенных аллювиальных суглинков легких пылеватых текуче-мягкопластичных, отобранных на исследуемой площадке с глубин 3,0; 4,0; 6,0; 8,0 м, растворами щелочи и подбора концентрации раствора, при которой достигаются необходимые значения показателей характеристик образцов грунта, чтобы модуль деформации был не менее 30 МПа, были выполнены соответствующие лабораторные исследования. В качестве реагента (реагирующего раствора) были использованы растворы натра едкого 2,5; 3,5 и 5,0 н. концентраций. В качестве показателя степени укрепляемости грунта использовался предел прочности на одноосное сжатие (ГОСТ 12248-2010.5.2. Метод одноосного сжатия).

Результаты исследований приведены в табл. 3.

Как видно из материалов табл. 3, обработка образцов суглинков растворами щелочи приводит к существенному упрочнению их как с ростом концентрации раствора, так и с увеличением времени твердения.

Нормативное значение R_{cy} образцов суглинков составило: при обработке их раствором NaOH 2,5 н. концентрации – 0,35 МПа; 3,5 н. – 0,44 МПа; 5,0 н. – 0,86 МПа. Соответственно модуль деформации: 2,5 н. – 20 МПа; 3,5 н. –

25 МПа; 5,0 н. – 65 МПа. По результатам лабораторных исследований принята рабочая концентрация раствора щелочи 5 н. при этой концентрации достигаются необходимые значения параметров характеристик укрепленных суглинков.

Таблица 3

Значения предела прочности на одноосное сжатие (R_{cy}) образцов суглинков зашелоченных растворами NaOH

Образец грунта. Глубина отбора, м.	Концентрация раствора NaOH, н.	Предел прочности на одноосное сжатие, МПа					
		Время твердения, сут.					
		14		Среднее значение	28		Среднее значение
Суглинок легкий пылеватый теку- чепластичный. 3,0 м	2,5	0,30	0,27	0,28	0,28	0,40	0,34
	3,5	0,24	0,46	0,35	0,40	0,40	0,40
	5,0	0,39	0,48	0,44	0,88	0,84	0,86
Суглинок тяжелый пылеватый теку- чепластичный. 4,0 м	2,5	0,19	0,32	0,26	0,35	0,32	0,29
	3,5	0,21	0,40	0,31	0,49	0,44	0,47
	5,0	0,35	0,54	0,45	0,94	0,83	0,89
Суглинок легкий пылеватый мягко- пластичный. 6,0 м	2,5	0,27	0,24	0,26	0,44	0,44	0,44
	3,5	0,28	0,30	0,29	0,57	0,40	0,49
	5,0	0,48	0,46	0,47	0,82	0,77	0,80
Суглинок легкий пылеватый мягко- пластичный. 8,0 м	2,5	0,16	0,30	0,23	0,33	0,28	0,31
	3,5	0,22	0,40	0,31	0,30	0,48	0,39
	5,0	0,38	0,60	0,49	0,96	0,84	0,90

Проектные параметры укрепления массива дисперсного природного грунта, являющегося основанием фундаментной плиты строящегося многоэтажного жилого дома, при нагнетании в грунт через метровый перфорированный иньектор $1,2 \text{ м}^3$ раствора натра едкого в одну заходку будут соответствовать данным (рис.):

- радиус укрепления грунта – 0,7 м;
 - расстояние между точками иньекции – 1,5 м;
 - количество точек иньекции в фундаментной плите (секция А) – 168 точ.;
 - мощность укрепленного грунта – 6,8 м;
 - количество заходов на точке иньекции – 3 заход.;
 - количество заходов на секцию – 504 заход.;
 - расход раствора щелочи на секцию – 605 м^3 ;
 - расход натра едкого – 120 т;
 - объем укрепленного грунта – 2016 м^3 ;
 - погружение и извлечение иньекторов – 1344 п.м.
- Работа выполнена за 60 рабочих дней.

Оценка степени укрепления грунтов зашелоачиванием осуществлялась сравнением скорости погружения инъектора при ударно-вибрационном зондировании [2] в интервале глубины от уровня подошвы фундаментной плиты до 7,0 м (зона зашелоачивания), как в зоне зашелоачивания, так и вне её.

Использовалась пневмоударная машина ПУМ-65 (энергия единичного удара 180 Дж). Точки зондирования располагались на расстоянии 35 и 60 см от точек инъекции.

Результаты испытаний приведены в табл. 4.

Таблица 4

Скорость (V , см/с) погружения инъектора в неукрепленный и укрепленный грунты

Глубина погружения зонда, м	Неукрепленный грунт	Точки инъекции					
		т.95		т.109		т.49	
		Точки зондирования укрепленного грунта на расстоянии от точки инъекции, см					
Уровень подошвы фундамента		35	60	35	60	35	60
0,5	12,5						
1,0	10,0	0,064	0,401	0,094	0,189	0,075	0,320
1,5	10,0		0,403		0,147		0,301
2,0	6,25		0,385		0,316		0,345
2,5	2,94		0,333		0,230		0,250
3,0	2,08		0,137		0,292		0,241
3,5	1,92		0,078		0,217		0,215
4,0	1,78		0,045		0,182		0,196
4,5	2,0				0,186		0,201
5,0	1,72				0,253		0,235
5,5	1,04				0,244		0,226
6,0	1,09				0,182		0,215
6,5	0,69				0,178		0,198
7,0	0,69				0,183		0,205
7,5	0,68						
Нормативное значение			0,255		0,226		0,242

Как видно из табл. 4, в зашелоаченном массиве грунта (с глубиной от 2,5 до 5,0 м) скорость погружения полуметровой части инъектора, на расстоянии 60 см от точки инъекции, в 9 раз меньше, чем в незашелоаченном грунте. Это указывает на то, что при зашелоачивании грунта произошло его укрепление, т.е. сжимаемость его уменьшилась в 9 раз.

	неукрепленный грунт	укрепленный грунт	
V см/с	2,073	0,229	E – модуль деформации, МПа
		$K=9,05$	q_c – удельное сопротивление грунта под конусом зонда, МПа
			$q_c = 1,0$ МПа $E = 7$ МПа $q_y = 9,0$ МПа $E_y = 63$ МПа
			V – скорость погружения инъектора при ударно-вибрационном зондировании, см/с.

Сжимаемость неукрепленного грунта осуществлялась величиной удельного сопротивления грунта под конусом зонда [4]. Используя линейную зависимость между модулем деформации и удельным сопротивлением грунта под конусом зонда находим, что укрепленный грунт характеризуется модулем деформации равным 63 МПа.

Инженерно-геодезические наблюдения за осадками здания на протяжении всего его строительства показали, что осадка здания не превысила расчётной величины.

Таким образом, в процессе зашпачивания массива аллювиального суглинка основания фундаментной плиты под подошвой фундамента создано искусственное основание с заданным свойством.

Выполненная работа свидетельствует о том, что, используя метод зашпачивания, можно управлять характеристиками прочности и деформируемости слабых водонасыщенных глинистых грунтов, создавая нужное искусственное основание фундаментов в сложных инженерно-геологических условиях.

Литература

1. Волков Ф. Е., Злочевская Р. И. Новый химический способ закрепления водонасыщенных лёссовых и глинистых пород – «зашпачивание» // Инж. геология. 1988. № 1. С. 15-29.
2. ГОСТ 19912-2001. Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием.
3. СП.22.13330.2011 (Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*).
4. СП 47.13330.2012 (Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96).

ВЛИЯНИЕ КУЛЬТУРНОГО СЛОЯ НА ОСВОЕНИЕ ТЕРРИТОРИЙ ДРЕВНИХ ГОРОДОВ (НА ПРИМЕРЕ ПСКОВА)

О.Е. Вязкова

Российский государственный геологоразведочный университет им.Серго Орджоникидзе,
117997 Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23. E-mail: geomusik@yandex.ru

Псков – один из наиболее прославленных древних русских городов, город воинской славы, талантливых ремесленников, художников, зодчих, крупный торговый центр средневековой Руси.

Первое упоминание о Пскове в «Повести временных лет» относят к 903 году. Изначально город развивался на высоком мысу, образовавшемся при

слиянии рек Великой и Псковы, постепенно осваивая прилегающую к нему территорию. Когда на ней возникало значительное количество зданий, храмов, жилой застройки, освоенная площадь обносила новой оборонительной стеной. Так возникли Кром, Довмонтов город, Средний город, Окольный город.

1110-летняя история города сохранена не только в его архитектурном облике, летописях, но и в богатом культурном слое, мощность которого местами достигает 5 и более метров.

Для археологов и историков культурный слой является источником достоверной и бесценной информации о жизни, быте, этапах строительного и хозяйственного освоения одного из крупнейших городов русского средневековья. Но жизнь продолжается, и строительство новых зданий на ценных образованиях неизбежно. Именно так была произведена застройка города в XVIII-XIX вв.

Согласно современному законодательству перед новым строительством на исторически ценных территориях необходимо проводить их полное (на всю мощность культурного слоя) археологическое исследование. Здесь возникает противоречие, даже конфликт интересов, археологов и застройщиков. Одним нужно исследовать весь культурный слой на 3-5 м, другим нужен котлован для закладки фундамента гражданского здания глубиной 1,5-2 м. Как поступить с культурным слоем, залегающим глубже требуемой отметки?

В геологическом строении территории Пскова принимают участие четвертичные и девонские отложения [1].

Из отложений девонского возраста на рассматриваемой территории присутствуют породы псковских слоёв франского яруса верхнего девона. Отложения обнажаются в береговых обрывах Великой и Псковы. Псковские слои представлены преимущественно доломитами и сильно доломитизированными известняками. Подчиненное значение имеют мергели и глины, встречающиеся в виде редких тонких прослоев в толще доломитов и известняков.

Четвертичные отложения повсеместно развиты в центральной части Пскова и представлены мореной крестецкой стадии, залегающей на девонских отложениях. Представлена морена пылеватыми песками, супесями с включениями гравия и гальки, а также суглинками и глинами, заполняющими понижения дочетвертичного рельефа, которые имеют подчиненное значение. Мощность их возрастает от береговой линии к центру водораздела от 0 до 10 м.

Культурный слой представлен сильно неоднородными по составу песчано-глинистыми образованиями, включающими деревянные, кирпичные и каменные обломки, керамику, кожу и другую органику.

Возвращаемся к вопросу, как же здесь строить?

Первый вариант (правильный) – проводить раскопки с изучением культурного слоя на всю его мощность, а затем строить. Проблема в том, что в современном Пскове ещё нет сложностей с парковками, нехваткой земли. Котлованы, остающиеся после раскопок, не используют как полезное подземное пространство, а засыпают привезённым грунтом и строят на запроек-

тированных отметках. Последний такой пример – строительство подсобных помещений Псковского драматического театра (рис. 1), где при большой площади и глубине раскопа не было предусмотрено подвалов.



Рис. 1. Раскоп за Драматическим театром (ул. Пушкина, д. 13). 2011 г.



Рис. 2. Новоторговский раскоп (ул. Некрасова, 38). 2005 г.

Второй вариант (пагубный) – застройщик оплачивает и позволяет проводить раскопки только до уровня заложения фундамента. Как правило, это монолитный плитный фундамент толщиной 0,3-0,5 м. Аргументом в его

пользу «служит» утверждение о сохранности культурного слоя ниже плиты. Результат оказывается печальным. Неоднородный по сжимаемости культурный слой приводит такое здание к деформациям за 2-3 года. После этого следует либо череда ремонтов (офисно-жилое здание по ул. Некрасова, 38) (рис. 2), либо укрепление фундамента путем превращения его в свайно-плитный с разрушением и окончательной потерей культурного слоя (здание филиала Центробанка). Постройки XVIII – середины XX вв. имеют следы деформаций или находятся в аварийном состоянии.

Прежде всего, нужно понимать, что за длительную историю существования центральной части Пскова сменилось не одно поколение построек, о чем свидетельствуют образования культурного слоя, обнаруженные в Новоторговском раскопе (ул. Некрасова, 38) (рис. 2). На рисунке видно, что сохранившиеся срубы построек расположены друг к другу под углом около 45°. Такое расположение можно объяснить, предположив, что после пожаров в историческом прошлом, местные жители возводили постройки на останках предыдущих, иногда меняя планиграфию.

Таким образом, при строительстве на образованиях культурного слоя необходимо учитывать как их историческую важность, так и неравномерную сжимаемость культурных образований, которая в дальнейшем может привести (и приводит) к неравномерной осадке грунта под весом здания, в результате чего на постройках появляются трещины и другие деформации.

Проблема естественной (без вмешательства технологий) сохранности культурных образований на относительно небольшой территории представляется предметом самостоятельных исследований, но некоторые наблюдения весьма интересны.

Степень сохранности образований культурного слоя на территории исторического центра города различна. Чтобы ответить на вопрос, почему в одних условиях (раскопах) встречается большое количество находок разного вещественного состава (бронза, береста, древесина, кожа и т.д.), а часть раскопов оказывается очень бедной на находки (керамика), проанализируем условия, в которых они сохраняются.

В раскопе на ул. Гоголя, д. 33 (рук. работ Е.В. Салмина) были найдены деревянные сани в отличном состоянии, образования культурного слоя при этом были сильно увлажнены. На рис. 1 и 2 наблюдаем деревянные срубы домов и мостовую, которые аналогично вышеупомянутой находке были обнаружены во влажной среде. В сухом Покровском раскопе в 50 м от берега Великой, были найдены только бронзовая печать и осколки керамики.

Таким образом, из вышеперечисленных фактов следует, что влажная обстановка, формирующая закисную среду, способствует консервации культурных образований и их наиболее длительной сохранности, а в сухих карбонатных или песчаных отложениях наблюдается окисная обстановка, которая является благоприятной для процессов гниения.

Проведя комплексный анализ инженерно-геологических условий и связанных с ними проблем, можно дать следующие рекомендации для территории всей исторической части Пскова:

1. Перед началом строительства необходимо осуществлять полное археологическое исследование образований культурного слоя. Это не только гарантирует сохранение исторической информации, но и одновременно обеспечивает выемку культурных образований, так как они являются неблагоприятным основанием для возведения сооружений.

2. Четвертичные и девонские отложения, залегающие на территории Пскова, являются надежным основанием для строительства сооружений практически на любых типах фундамента.

Литература

1. Шмагенок А.И., Саммет Э.Ю., Беленицкая Г.А., Вербова И.М., Роньшин Н.И., Фейгельсон Н.М. Отчет о результатах комплексной геолого-гидрогеологической съемки масштаба 1:50000 Псковско-Печорского района (1960–1961 гг.) // М.: РОСГЕОЛФОНД, фондový № 249276. 1963.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА КАК МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ СРЕДЫ – ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЕГО ОСВОЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА)

Р.Э. Дашко

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 199106 Санкт-Петербург,
21 линия, д. 2. E-mail: regda2002@mail.ru

Освоение и использование подземного пространства городских инфраструктур позволяет решить многие социальные, экономические и экологические проблемы. При этом современное развитие городов происходит по сценариям, предполагающим ограничение проложения инженерных коммуникаций, транспортных магистралей, хозяйственных помещений различного назначения, что позволяет существенно снизить материальные затраты (экстенсивный путь развития городов). Подземное пространство во многих странах мира рассматривается как природный ресурс, цивилизованное использование которого дает возможность сохранить архитектурно-исторический облик старинных го-

родов в условиях внедрения современных технологий строительства, адекватных специфике инженерно-геологических условий подземной среды.

Необходимость освоения подземного пространства при возведении небоскребов по экономическим мотивам и соображениям устойчивости сооружений было обосновано еще в конце 19 века при застройке Манхэттена в Нью-Йорке. В середине 50-х годов 20 века французские урбанисты обосновали реальность городского строительства на семь этажей ниже земной поверхности.

В Ленинграде – Санкт-Петербурге освоение подземного пространства на глубину более 100 м связано со строительством перегонных тоннелей и подземных станций метрополитена, первые очереди которых были проложены в высоколитифицированных глинах верхнего венда, залегающих на глубине от 15-20 м до 120 м в зависимости от подземного контура их кровли, которая определяется положением вреза палеодолин, обычно трассируемых по направлению тектонических разломов. В конце XX – начале XXI вв. стали внедряться в практику строительства проекты высотных зданий с глубиной котлованов 10-12 м и более. При строительстве небольших очистных сооружений глубина заложения их котлованов может быть 20,0-25,0 м. Строительство центральных очистных сооружений города потребовало устройство подземных сооружений на глубину 60-70 м.

Повышение безопасности освоения и использования подземного пространства в пределах города может быть выполнено на основе анализа подземного пространства как многокомпонентной системы, что позволяет учесть различные природные и техногенные факторы в их сложном взаимодействии и взаимообусловленности (рис. 1).

При инженерно-геологическом анализе грунтов (пород) в разрезе Санкт-Петербурга необходимо их четкое разделение в две группы моделей. Первая из них – грунты с одинарной пористостью чаще всего двухфазные (минеральная часть + вода), реже – трехфазная (минеральная часть + вода + газы). Вторая группа моделей – трещиноватоблочная среда или среда с двойной пористостью.

К первой группе относятся песчано-глинистые отложения четвертичного возраста: современные послеледниковые и позднеледниковые, частично моренные (gIII и gII). Во второй группе рассматриваются коренные глины нижнего кембрия и верхнего венда, а также одно-возрастные песчаники, к которым приурочены напорные водоносные горизонты с повышенной минерализацией.

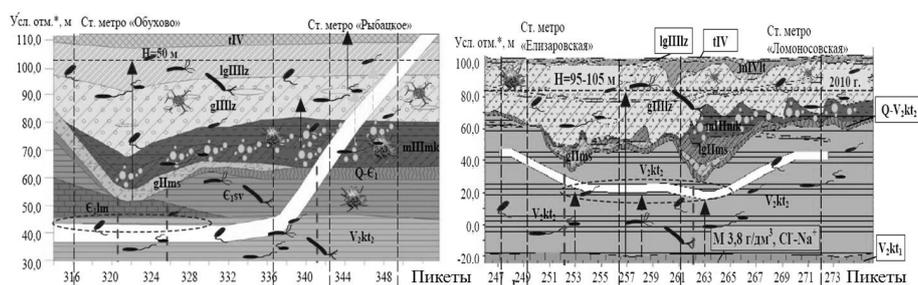


Рис. 1. Подземное пространство Санкт-Петербурга как многокомпонентная система и разрезы по трассе перегонных тоннелей метрополитена

Особо следует остановиться на неоднозначной роли болот и грунтов с повышенным содержанием органической компоненты и их влиянии на подстилающие и вмещающие грунты. Болота на территории города занимали более 75% его площади еще до 1703 года (год основания Санкт-Петербурга). Как показали наши исследования, влияние болот с позиции обогащения подстилающих грунтов микробиотой, прослеживается до глубины 50-70 м. Кроме того, под болотами формируется бескислородная (анаэробная) среда с низкими значениями окислительно-восстановительного потенциала (Eh). В пределах исторического центра при дополнительном воздействии контаминации подземной среды органическими соединениями (утечки из канализационной системы, старинных и современных свалок, закрытых и действующих кладбищ и пр.) величина Eh может достигать -120 mV и ниже, что имеет принципиальное значение для оценки состояния конструкционных материалов, прежде всего металлов за счет протекания электрохимических процессов в сочетании с биохимическими. В восстановительной среде структурные связи за счет гидрооксидных соединений в дисперсных грунтах оказываются разрушенными при ре-

дукции Fe^{3+} , и глинистые грунты при наличии только молекулярных связей ведут себя как квазипластичные грунты.

Межморенные песчано-глинистые отложения (gIII – gII) микулинского моря с битуминозной органикой только начинают изучаться с точки зрения их негативного воздействия на компоненты подземного пространства – прежде всего, поступления микробиоты с биохимическими газами в подземную среду.

В разрезе подземного пространства Санкт-Петербурга выделяется пять разлонапорных водоносных горизонтов. При решении проблемы повышения безопасности освоения и использования подземного пространства города воздействие подземных вод рассматривается со следующих позиций: 1) формирование напряженно-деформированного состояния грунтовой толщи, особенно в условиях варьирования гидродинамического режима высоконапорных водоносных горизонтов (величина напора более 100 м); 2) восходящего либо нисходящего перетекания подземных вод через трещиновато-блочные водоупоры с последующей оценкой физико-химического и химического взаимодействия подземных вод с глинистыми блоками; 3) действие минерализованных и контаминированных вод на песчано-глинистые грунты и конструкционные материалы, которые применялись в XVIII-XX вв. и в настоящее время, принимая во внимание специфику окислительно-восстановительных и кислотно-щелочных условий, а также биохимические процессы. Нашими исследованиями доказано, что разрушения несущих обделок ряда перегонных и эскалаторных тоннелей петербургского метрополитена происходит за счет активно протекающей биокоррозии, при этом выделены группы микромицетов и бактерий – активных биодеструкторов бетона и чугуна. Следовательно, ремонтные работы для поддержания транспортных выработок в рабочем состоянии необходимо проводить с применением специальной обработки и использованием биостатов и биоцидов направленного действия. Воздействие напорных вод проявляется также в снижении трения по боковой поверхности свай, что существенно сказывается на несущей способности свайного фундамента в целом, а также может наблюдаться ускорение коррозии бетонов подземных конструкций. Следует также учитывать особенности твердения бетонов при устройстве буронабивных свай в условиях низких рН грунтовых вод за счет наличия органических кислот при воздействии болот и деятельности микробиоты. Особое значение при анализе и оценке формирования химического состава подземных вод в подземном пространстве Санкт-Петербурга имеет контаминация, время воздействия которой в отдельных районах города насчитывает несколько сотен лет. При этом, необходимо учи-

тивать исторические аспекты контаминации подземной среды. По уровню негативного воздействия особо следует выделять контаминацию за счет хозяйственно-бытовых отходов (жидких и твердых), которые накапливались с предыстории города (XVI-XVII вв.) и до настоящего времени служили основными загрязнителями подземных вод и грунтов. Существование захороненных свалок бытовых отходов XVIII-XIX – начала XX века на территории города и, в первую очередь, в пределах исторического центра, служит источником поступления органических соединений абиотического и биотического генезиса, что благоприятствует активизации микробиологической деятельности в подземном пространстве. Таким образом, подземная микробиота выступает как один из действенных компонентов подземной среды, оказывая как позитивное, так и негативное влияние на грунты (породы), подземные воды, развитие инженерно-геологических процессов, а также способствует ускорению коррозионных процессов подземных конструкций. Позитивная роль микроорганизмов прослеживается в процессах самоочищения и саморегуляции подземных вод, прежде всего, от нефтепродуктов. Нами были выделены природно-техногенные микробиоценозы, которые могут быть использованы при очистке природных и сточных вод, загрязненных нефтепродуктами. Однако деятельность микроорганизмов в водонасыщенной грунтовой толще способствует накоплению микробной массы в форме живых и мертвых клеток микроорганизмов и продуктов их метаболизма белковой и небелковой природы. Специальные биохимические исследования, выполненные в США и европейских странах, показали, что наибольшее количество микробного белка содержится в продуктах жизнедеятельности бактерий – до 60%, реже больше, наименьшее – микромицетов до 20%, промежуточное – актиномицетов. Соответственно, косвенный метод определения микробной массы по величине белка имеет реальную значимость, если численность подземной микробиоты представлена бактериальным сообществом. Микробиологические исследования, которые проводятся в подземном пространстве Санкт-Петербурга и Ленинградской области дали возможность установить основные природные и техногенные источники поступления подземной микробиоты и факторы, способствующие ее активизации (рис. 2).

Как следует из рис. 2, активность микробиоты обнаруживается во всем осадочном чехле Санкт-Петербурга, мощность которого в пределах подземного пространства города варьирует в пределах от 185 до 240 м. Согласно исследованиям шведских микробиологов, микроорганизмы обнаружены в соленых водах Балтийского щита на глубинах более 400 метров, где предполагается захоронение радиоактивных от-

ходов АЭС. Такие работы проводились для обоснования необходимости использования конструкционных материалов в подземных хранилищах радиоактивных отходов, устойчивых в биокоррозионной среде. Накопление микробной массы в песках способствует снижению их водоотдачи до нулевых значений и коэффициентов фильтрации до величины $10^{-3} - 10^{-4}$ м/сутки при действии высоких градиентов напора. Особенно активно преобразование песков различного гранулометрического состава в пльвуны происходит в застойных гидродинамических условиях. Биохимическое газообразование, в первую очередь малорастворимых газов (CH_4 , N_2 , H_2), обогащает дисперсные отложения “твердыми” пузырьками газов, диаметр которых значительно меньше, чем диаметр пор грунта. Такая твердая газовая фаза действует как шарикоподшипник, снижая внутреннее трение грунтов, что ускоряет переход песков в состояние “тяжелой” жидкости. В верхней части разреза подземного пространства города большая часть обводненной песчаной толщи характеризуется как пльвуны, которые при статическом зондировании не выявляются. Глинистые грунты при микробной пораженности ведут себя как квазипластичные разности в условиях отсутствия фильтрационной консолидации и снижения их прочности во времени.



Рис. 2. Источники поступления подземной микробиоты и факторы, способствующие ее активизации, в подземном пространстве Санкт-Петербурга

Активная микробная деятельность в анаэробных условиях, сопровождающаяся образованием малорастворимых газов, приводит к изменению напряженно-деформируемого состояния за счет формирования газодинамического давления, что провоцирует прорывы газов в подземные выработки и самовозгорание метана. Генерация растворимых газов – сероводорода и диоксида углерода в подземном пространстве города весьма характерна для разреза подземного пространства в его исторической части и отчетливо прослеживается до глубины 25 м. Эти газы (H_2S и CO_2) значительно повышают агрессивность подземной среды по отношению к конструкционным материалам. Важно отметить, что биodeградация строительных материалов не учитывается действующими нормативами. Соответственно, инженерно-геологический подход к изучению подземного пространства городов как многокомпонентной системы требует создания индивидуальных программ для дополнительных исследований в процессе проведения инженерных изысканий, их обработки при проектировании наземных сооружений, возводимых на различных типах фундаментах, подземных объектах различного назначения, а также реконструкции и реставрации архитектурно-исторических памятников.

Литература

1. Дашко Р.Э., Власов Д.Ю., Шидловская А.В. Геотехника и подземная микробиота: Институт “ПИ Геореконструкция” – СПб., 2014.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕРЕКРЫВАЮЩИХ ДИСПЕРСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МОРФОМЕТРИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ КАРСТОВЫХ ФОРМ

Е.В. Дробинина

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15. E-mail: alenadrobina@yandex.ru

В пределах территорий развития карстующихся пород инженерная деятельность зачастую связана с рисками. Реальную опасность в урбанизированных районах представляют крупные подземные карстовые полости, полости меньшего размера могут стать причиной оседания поверхности [2]. В условиях покрытого карста (классификация по Г.А. Максимовичу) подземные карстовые полости развиваются под толщей элювия небольшой мощности.

Техногенное влияние в таком случае может привести к обрушению перекрывающих отложений над ослабленным пространством.

Объектом инженерной деятельности в районах развития карстующихся пород, является перекрывающая их дисперсная толща, устойчивость которой определяется физико-механическими свойствами слагающих ее грунтов.

В рамках данной работы исследовались значения физико-механических свойств перекрывающей карстующиеся породы песчано-глинистой толщи, выявлялось наличие связи между физико-механическими свойствами грунтов и морфометрией поверхностных карстовых форм.

Исследуемый участок расположен на Полазненском полуострове, в пределах пгт Полазна Пермского края и примыкающей северо-западной территории (рис. 1).



Рис. 1. Схема расположения исследуемого участка

Процесс интенсивного провалообразования на территории Полазненского полуострова приурочен к 50-60 гг. XX века, когда произошла активизация карстового процесса вследствие заполнения Камского водохранилища и подпора подземных вод пресными водами водохранилища. Карстовые формы на Полазненском полуострове представлены многочисленными воронками, котловинами, карстовыми логами [1]. На период исследования процесс формирования исследуемых поверхностных карстовых форм – карстовых воронок – завершился, изменения морфометрических характеристик не происходит. В рамках данного исследования форма карстовых воронок принята круглого сечения определенного радиуса r .

В анализе рассматривались значения физико-механических свойств покровной грунтовой толщи в целом, также отдельно для песчаной и глинистой разновидностей грунтов.

Анализ проводился в программном продукте ArcGIS 10.0. По дискретным данным значений физико-механических свойств покровной дисперсной толщи были построены в пределах исследуемого контура непрерывные растровые модели полей естественной влажности W , плотности грунта ρ , коэффициента пористости e , модуля общей деформации E_0 , удельного сцепления c , угла внутреннего трения φ . Вследствие ограниченного количества исходных данных для данной территории при исследовании толщи в целом и толщи, представленной только песчаной разновидностью грунтов, рассматривались только физические свойства.

Исследование характера изменения значений физико-механических свойств в зависимости от морфометрических характеристик проводилось тремя способами.

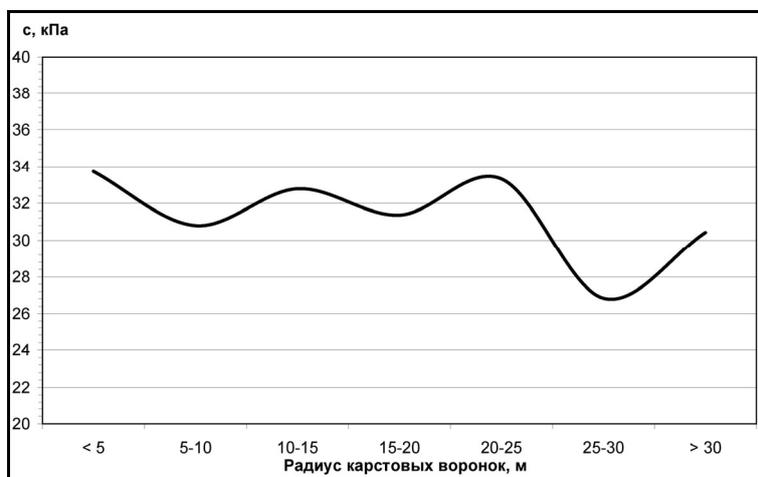
Первый способ. Анализируемые карстовые воронки в соответствии с их радиусами были визуализированы в виде полигонального слоя. В пределах объектов определенного радиуса на основе растров физико-механических свойств с помощью инструмента Zonal Statistics вычислялись статистические характеристики значений исследуемых параметров.

Второй способ. В точке локализации карстовых воронок разного радиуса производилось извлечение с растров полей физико-механических характеристик значений каждого исследуемого параметра.

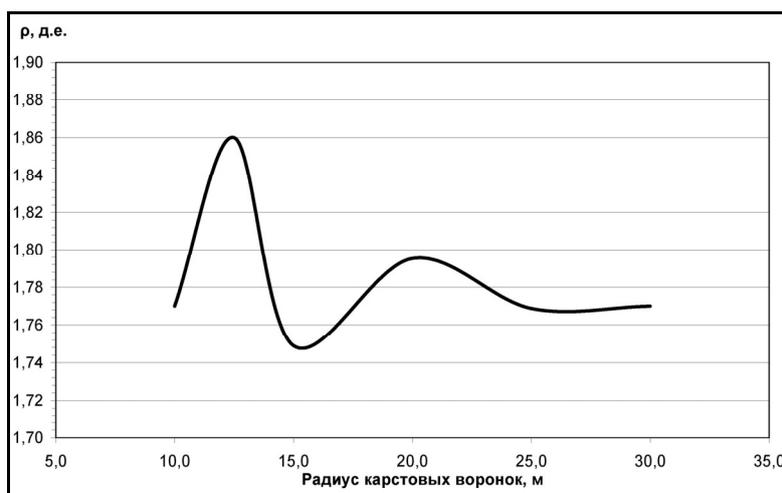
Третий способ. С помощью инструмента Natural Neighbor была интерполирована растровая поверхность на основании значений радиуса карстовых воронок посредством метода естественной окрестности в радиусе 100 метров. Полученная поверхность была классифицирована по интервалам значений диаметров карстовых воронок, в пределах которых вычислялись статистические характеристики. Отличие данного метода от первого заключается в том, что здесь учитывается радиус не одной воронки, но и воронок, расположенных в пределах расстояния от нее.

Результаты исследования тремя способами были представлены в виде графиков изменения средних значений физико-механических свойств исследуемых толщ в зависимости от диаметра карстовых воронок для первого и третьего способа, и графиков изменения значений физико-механических свойств, извлеченных в точках локализации карстовых воронок.

Механические свойства глинистой толщи, проанализированные третьим способом, изменяются в сторону уменьшения значений удельного сцепления (рис. 2) и модуля общей деформации с увеличением диаметра карстовых воронок. Угол внутреннего трения изменяется незначительно без каких-либо закономерностей. Первый метод выявил сходный с третьим вариантом характер изменений значений исследуемых механических свойств, однако на большинстве графиков, построенных посредством данного метода, наблюдаются более значительные отклонения от общей тенденции изменений.



**Рис. 2. Изменения значений удельного сцепления (c) глинистой толщи в зависимости от диаметра карстовых воронок.
Третий способ исследования**



**Рис. 3. Изменения значений плотности грунта (ρ) песчано-глинистой толщи в зависимости от диаметра карстовых воронок.
Первый способ исследования**

Значения плотности грунта песчано-глинистой и песчаной толщ при анализе посредством третьего метода характеризуются тенденцией в сторону уменьшения, в то время как глинистой толщи – незначительно в сторону увеличения. Изменения значений коэффициента пористости имеют обратный характер. Значения естественной влажности отличаются менее закономерным

изменением, вследствие подверженности данного параметра внешнему влиянию, в том числе техногенному. Однако при исследовании первым способом значения естественной влажности незначительно уменьшаются, что можно объяснить относительно хорошей дренированностью территории в районе воронок большего радиуса. Характер изменения значения остальных исследуемых физических характеристик сходен с третьим вариантом: значения плотности грунта (рис. 3) всех исследуемых толщ уменьшаются, коэффициента пористости увеличиваются.

Результирующие графики, полученные посредством второго способа исследования и отражающие характер изменения значений физико-механических свойств грунтовых толщ, не отличаются должной информативностью (рис. 4), следовательно, выявление связей морфометрии карстовых воронок и физико-механических свойств данным образом нерационально.

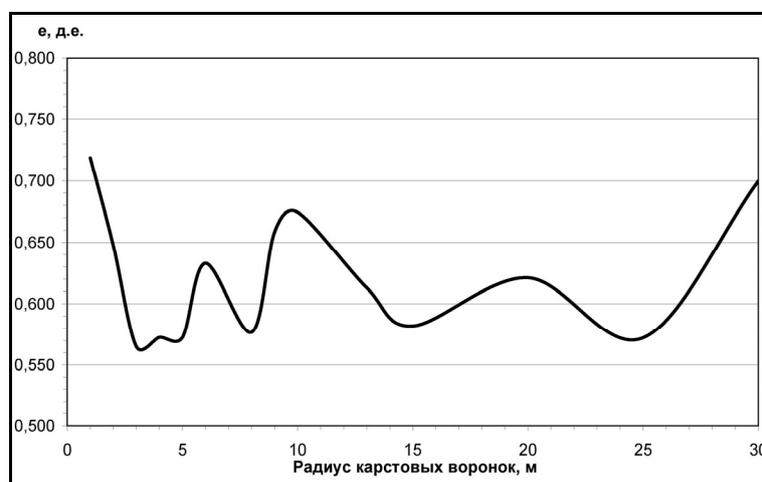


Рис. 4. Изменения значений коэффициента пористости (e) песчаной толщи в зависимости от диаметра карстовых воронок. Второй способ исследования

В результате проведенного исследования в целом наблюдается закономерное изменение значений физико-механических свойств покровной дисперсной толщи в зависимости от радиуса r карстовых воронок. Покровная толща в условиях распространения воронок большего радиуса характеризуется меньшими значениями плотности грунта, также деформационных и прочностных характеристик, и большими значениями коэффициента пористости. Значительные флуктуации значений естественной влажности в большинстве случаев отражают подверженность данного параметра внешним, в том числе техногенным факторам.

Характерно, что менее всего отклонений от общих тенденций изменений свойств наблюдалось при исследовании грунтовых толщ третьим способом, с учетом не только исследуемой воронки, но и соседних карстовых во-

ронок. Второй метод, учитывающий только точку локализации карстовой воронки, оказался наименее информативным.

Литература

1. Горбунова К.А., Максимович Н.Г. Техногенное воздействие на закарстованные территории Пермской области // География и природные ресурсы. 1991. № 3. С. 42-46.
2. T. Waltham, Z. Lu. Natural and anthropogenic rock collapse over open caves// Natural and Anthropogenic Hazards in Karst Areas: Recognition, Analysis and Mitigation. 2007. № 279. P. 12-21.

МОНИТОРИНГ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ПОДЗЕМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В.С. Зайцев*, О.А. Гальперин, К.А. Биктимирова***

* Горный институт НИТУ «МИСиС», 119991 г. Москва, Ленинский проспект, 4.
E-mail: galperin_a@mail.ru

** ООО «КАПСТРОЙТРАСТ», 119334, г. Москва, ул. Косыгина, д. 7, стр. 2.
E-mail: mild205@gmail.com

В Московском государственном горном университете (МГГУ)¹ разработана классификация для оценки гидрогеологических, инженерно-геологических и горнотехнических условий строительства подземных сооружений мегаполиса [3,4].

В классификации различаются (по глубине) структурные этажи, представленные сыпучими, рыхлыми и твердыми (скальными и полускальными) образованиями. В каждом этаже выделяются зоны, характеризующиеся различной обводненностью, физико-механическими свойствами пород, залеганием и степенью нарушенности – стратиграфической и тектонической, а также проявлениями результатов магматизма.

Эти факторы в отдельности или по совокупности определяют технологию ведения горно-строительных работ – способы проведения выработок, организацию процессов их крепления и мероприятия, связанные с охраной окружающей среды. Классификация (таблица) предусматривает выделение трех категорий сложности проведения горных выработок при строительстве подземных сооружений.

I категория – простая. Характеризуется отсутствием обводненности выработок подземными водами. К этой же категории отнесены варианты проведения выработок в породах, не изменяющих значительно водно-

¹ В настоящее время Горный институт НИТУ «МИСиС».

физические свойства при обводненности. Водоотлив в этих случаях самотечный, например, при проведении штолен в условиях расчлененного рельефа.

II категория – средней сложности. Характеризуется необходимостью использования при проведении выработок принудительного водоотлива при помощи насосов, трубопроводов и различных устройств для приема воды как в шахте, так и на ее поверхности.

III категория – сложная. Характеризуется необходимостью применения какого-либо специального метода (замораживания пород, цементации, водопонижения и пр.) для выполнения горно-строительных работ.

Таблица

**Гидрогеологическая и инженерно-геологическая классификация
условий строительства подземных сооружений**

Расположение подземного сооружения в массиве		Краткая характеристика условий строительства подземных сооружений и их оценка при проведении выработок
Структурный этаж области	Зона структурного этажа	
Верхний, сложенный рыхлыми горизонтально залегающими породами	Необводненные породы. Зона располагается выше зеркала грунтовых вод	Породы при разработке массива обрушаются и рассыпаются. Требуется крепление выработок одновременно с их проведением. Условия проведения простые.
	Обводненные породы. Зона фиксируется глубиной распространения грунтовых и межпластовых вод	Породы при разработке массива оплывают, поэтому требуется его упрочнение путем применения специальных способов проведения выработок. Условия проведения выработок сложные и очень сложные
Средний, сложенный полускальными породами, залегающими под углом до 7°	Необводненные породы, по глубине фиксируются распространением массивных водонепроницаемых пород	Породы при разработке горного массива относительно устойчивые, допускают отставание крепи до 1,5-2м от забоя, возможны локальные изменения прочностных характеристик пород массива, требующие усиленной крепи. Условия проведения выработок простые и средней сложности
	Обводненные породы, фиксируются по распространению пористых и трещиноватых пород	Породы при разработке массива относительно устойчивые, допускают отставание крепи до 1-1,5м от забоя. Возможно размокание пород, вероятность встречи пльвунов до 5%. При проведении выработок для снижения водопритоков применяется водопонижение и цементация. Условия проведения выработок средней сложности, реже сложные

Классификация служит обоснованием мониторинга, представляющего собой систему наблюдений (контроля), прогноза и изменения состояния массива горных пород, позволяющую выбрать оптимальное пространственное местоположение подземных сооружений и обеспечить сохранность нормальных условий эксплуатации действующих поверхностных и подземных объектов, а также использовать экономически эффективные, безопасные и экологически безвредные технологии ведения горно-строительных работ. Целью мониторинга при проведении горизонтальных горных выработок является оперативное определение физико-механических свойств горных пород и деформаций массива, величин уровней (напоров) подземных водоносных горизонтов.

Методами реализации мониторинга применительно к инженерно-геологическим условиям осваиваемой территории города Москвы служат инструментальные наблюдения за осадками породных толщ, комбинированное зондирование, предусматривающее регистрацию прочностных и деформационных свойств горных пород, измерения давления воды в массиве в ходе оперативного зондирования и в стационарных условиях.

Обобщенной характеристикой сопротивления пород сдвигу является общее сопротивление сдвигающим напряжениям τ при различных нормально действующих уплотняющих напряжениях σ_n . Этот показатель позволяет определить значения угла внутреннего трения ϕ и сцепления C породы, являющиеся прочностными характеристиками, используемыми в инженерных расчетах устойчивости сооружений.

Наиболее распространенным натурным методом определения τ , C и ϕ для песчано-глинистых пород является крыльчатое зондирование (вращательный срез), суть которого заключается в срезе небольшого объема породы при вращении вокруг продольной оси наконечника с лопастями, заглубленного в пласт горной породы. Во время испытания измеряют крутящий момент M . Общее сопротивление сдвигу при полном заглублении лопастей в массив определяют по формуле:

$$\tau = \frac{M}{1.57d^2(h + d/6)}, \quad (1)$$

где d и h – диаметр крыльчатки и высота ее лопасти соответственно.

В водонасыщенной породе под действием нагрузки возникает поровое избыточное по отношению к гидростатическому давлению P_w , создающее напор в воде и, соответственно, ее фильтрацию, что обуславливает развитие осадки. Сопротивление сдвигу породы будет определяться выражением

$$\tau = (\sigma_n - P_w) \operatorname{tg} \phi' + C', \quad (2)$$

где C' и ϕ' – сцепление и угол внутреннего трения соответственно, определяемые по эффективному напряжению, равному разности между сжимающим и поровым напряжениями.

Величину осадки S водонасыщенной песчано-глинистой породы в заданный момент времени t можно определять через степень уплотнения U , представляющую собой отношение площадей эпюр эффективных давлений на момент t и стабилизации осадки, т.е. при $t \rightarrow \infty$:

$$U = S(t) / S_{\infty} = \frac{w[P_{эф}(t)]}{w(P_{cm})} . \quad (3)$$

Для практических расчетов уплотнения могут быть использованы решения одномерных задач депрессионного уплотнения под действием постоянной и постепенно возрастающей нагрузок, что характерно для ситуаций, возникающих в массиве горных пород при водопонижении [1]. Систематические измерения порового давления P_n и осадок $S(t)$ песчано-глинистых пород дают возможность определять расчетные показатели, необходимые для прогнозной оценки уплотнения породного массива. Значения приведенного коэффициента сжимаемости $a_0 = a / (1 + \varepsilon_{cp})$, где a – коэффициент сжимаемости, ε – коэффициент пористости, и коэффициента консолидации C_v , характеризующего скорость уплотнения породы устанавливаются путем решения уравнений:

$$\begin{aligned} C_v &= f(U); \\ S(t) &= a_0 U \omega(P_{ст}), \end{aligned} \quad (4)$$

где $C_v = 4mh^2/\pi^2t$, m и h – параметр уплотнения и мощность уплотняемого слоя соответственно.

Параметр m обычно определяют при помощи графика $U = f(m)$, отстраиваемого по результатам расчета уплотнения слоя [1]. Из методов натурального контроля состояния массива горных пород в отечественной и зарубежной практике наибольшее распространение приобрел пенетрационный каротаж, осуществляемый при помощи задавливаемых в массив зондов различной конструкции. В практике инженерно-геологического опробования слабых песчано-глинистых пород широко используется комплексное скважинное зондирование, позволяющее получать информацию о состоянии пород (по величине P_n), их прочностных (по величинам τ , C , φ) и деформационных (по величине модуля деформации E) свойствах. Для этой цели разработан ряд модификаций комбинированных зондов по определению параметров прочностных свойств и величины порового давления, на которые получены патенты России.

Комплексное зондирование песчано-глинистых пород выполняют при помощи самоходных установок, пригодных для вдавливания штанговых пьезодинамометров, пенетрометров-крыльчаток, каротажных зондов. За рубежом для этих целей используются установки с усилением задавливания зонда до 200 кН фирм Гоуда, Фугро (Голландия), Боррос (Швеция), Пагани (Италия), Ван ден Берг (Голландия – США).

Наряду с сопротивлением пенетрации, зонды установок позволяют регистрировать в водонасыщенных породах поровое давление. Применение по-

добных зондировочных установок обеспечивает получение оперативной информации о прочностных свойствах разрабатываемой среды, мощности породных пластов и их уклонах. Поэтому с учетом преимущественного распространения в геологическом разрезе города песчано-глинистых пород с различными количественными характеристиками водоупоров, залегающих над (под) выработкой – уклонами кровли (почвы), и изменяющимися градиентами уровней (напоров) подземных вод целесообразно использование методов комбинированного зондирования не только на стадии инженерно-геологических изысканий, но и при проведении подземных горных выработок.

Реализация рассмотренных методов мониторинга геологической среды способствует повышению эффективности ведения горных работ и снижению уровня экологической нарушенности в ходе освоения массивов горных пород.

Комплексное зондирование эффективно применять также при проведении подземных коммуникаций бестраншейным способом [2]. Такие испытания дают возможность, например, установить наличие плавунных пород и по показателю сопротивления пенетрации определить ориентировочное значение сопротивления задавливанию в массив рабочего органа установки при горизонтально направленном бурении.

Литература

1. *Гальперин А.М., Шафаренко Е.М.* Реологические расчеты горнотехнических сооружений. М.: Недра, 1977. 279 с.
2. *Рыбаков А.П.* Основы бестраншейных технологий (теория и практика): Технический учебник-справочник. М.: ПрессБюро 2005. № 1. 304 с.
3. *Харитonenко Г.Н.* Горно-геологическое районирование для оценки условий строительства подземных сооружений // Проблемы горнопромышленной геологии. – М.: МГИ, 1990. С. 115-122.
4. *Харитonenко Г.Н., Гальперин О.А.* Типизация массивов горных пород в геологическом разрезе г. Москвы и оценка условий проведения в них выработок подземных сооружений // Горный информационно-аналитический бюллетень МГГУ. 1999. № 5. С. 202-208.

**РАЗРАБОТКА СПОСОБА КОМПЛЕКСНОЙ ОБРАБОТКИ
СЛАБОГО ГРУНТА (С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИНЕРАЛЬНО-
МАТРИЧНОЙ НАНОТЕХНОЛОГИИ) В ПРОЦЕССЕ
ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ УЧАСТКА СТРОИТЕЛЬСТВА
КВАРТАЛА № 16 СУН**

А.Н. Земсков¹, В.В. Ершов², О.Н. Кокорев²

¹ Всероссийский научно-исследовательский геологический институт имени А.П. Карпинского
г. Санкт-Петербург, 199106, Средний пр., 74. E-mail: vsegei@vsegei.ru

² Российский Государственный Геологоразведочный Университет имени Серго Орджоникидзе
г. Москва, 117997, ул. Миклухо-Маклая, д. 23. E-mail: office@mgri-rggru.ru

Рассматриваемая территория находится в Невском районе г. Санкт-Петербурга, расположенном в восточной части города. На севере район граничит с Центральным и Красногвардейским районами, на юго-востоке соседствует с Колпинским. В геоморфологическом отношении рассматриваемый участок с абсолютными отметками на момент бурения скважин 6,1–12,2 м расположен в пределах Приневской низменности.

Территория отсыпана отходами ТЭЦ-2 (гидрозолой) и местами засыпана техногенными грунтами. В геологическом строении участка в пределах глубины бурения 10,5–15,2 м принимают участие – современные отложения: почвенно-растительный слой (bIV), техногенные (tIV), озерно-морские отложения (m,IV) и верхнечетвертичные: озерно-ледниковые отложения Балтийского ледникового озера (lgIIIb). Гидрогеологические условия площадки характеризуются наличием напорного водоносного горизонта, приуроченного к песчано-пылеватым прослоям в *техногенных, озерно-морских и озерно-ледниковых* отложениях и к *озерно-морским пескам*.

Водовмещающие грунты имеют следующие фильтрационные характеристики (табл. 1).

Таблица 1

Фильтрационные характеристики водовмещающих грунтов

Наименование грунтов	Коэффициент фильтрации, м/сут
Насыпные грунты	1-3
Гидрозолы	< 0,1
Торфы и заторфованные грунты	0,05-0,1
Супеси пылеватые	0,05-0,1
Суглинки пылеватые	0,005-0,01
Пески пылеватые	0,5-1,0

Намывные отложения, представленные гидрозолой, водонасыщенные, тиксотропные, с низкой несущей способностью с поверхности полностью перекрыты насыпными грунтами, представленными супесями, суглинками и

песками с включением грубообломочного материала, а также кембрийской глиной с примесью органических веществ. Золошлаковые отложения (гидрозола черная) неоднородны по составу и свойствам, плотности сложения, по глубине и простиранию, и содержат в себе органические остатки. Естественная влажность 0,45–0,58 дол. ед. (закономерного изменения влажности по разрезу не наблюдается). Естественная плотность 1,55 г/см³, плотность твердых частиц 2,21–2,62 г/см³. Коэффициент фильтрации < 0,1 м/сут. Мощность слоя гидрозола в пределах территории составляет 1,4–7,4 м.

Активной почвенно-грунтовой толщей, являющейся потенциальным источником распространения загрязнений с территории застройки квартала 16 СУН, является грунтовой массив основания мощностью до 9,2 м (от дневной поверхности). Золошлаковые отложения на всю вскрытую мощность характеризуются опасным и чрезвычайно опасным уровнем загрязнения тяжелыми металлами и интенсивно загрязнены бензапиреном. Грунтовые воды на территории земельного отвода по набору загрязнителей близки к фильтрату промышленных свалок.

В связи с изложенным возникает необходимость устранения миграции загрязнителей из зольных отложений участка в результате действия фильтрационных потоков, накапливающихся в пределах участка грунтовых вод, а также укрепления и стабилизации данного типа грунтов. Значительная общая площадь территории квартала 16 СУН и достаточно большая (до 7,4 м) мощность загрязненных техногенных образований, не позволяют произвести рекультивацию на площадке путем полной замены грунтов основания. Поэтому предусмотрено выполнение инженерных мероприятий, обеспечивающих изоляцию основания площадки от действия промывной фильтрации грунтовых вод с северо- и юго-восточной стороны золоотвала путём устройства противофильтрационных стенок в грунте и экранирование участка по простиранию конструктивными слоями покрытий от проникания атмосферных осадков в изолированный грунтовой массив.

Предлагаемый способ стабилизации гидрозола, обладающей негативными инженерно-геологическими свойствами, базируется на разработанной на кафедре инженерной геологии СПбГУ под руководством профессора В.М. Кнатько *интеграционной минерально-матричной технологии* (ИММТ) искусственного минералообразования.

При ее реализации используется химическая активность компонентов нестабильных грунтов, которые участвуют в химических процессах формирования новообразований, обладающих вяжущими свойствами, и становятся, вследствие этого, «элементами» новой структуры благодаря формирующейся в процессе стабилизации минеральной матрице.

Механизм физико-химической стабилизации основан на использовании искусственного воспроизводства природных процессов минералообразования. Для реализации этих процессов используются специально трансформированные природные минеральные системы, такие как глины, глинистые грунты. Алюмосиликаты этих пород в результате интенсивного гидролиза преобразуются в высокодисперсную минерально-матричную систему, обла-

дающую высокой сорбционной емкостью. Полученная таким образом минеральная матрица согласно принципу Ле Шателье стремится вернуться в исходное состояние и, благодаря этому, претерпевает самопроизвольный процесс регенерации, в ходе которого происходит синтез алюмосиликатных вяжущих композиций [2].

В ИММ-технологии продуктивно сочетаются научные принципы теории синтеза неорганических вяжущих веществ (ТСВВ) в дисперсных грунтах и известные методические рекомендации по подбору оптимальных механических смесей, отличающихся повышенной плотностью, пониженной пористостью и в результате этого улучшенными физико-механическими свойствами получаемого композиционного материала.

ИММ-технология позволяет проводить переработку нестабильных, нарушенных, загрязненных грунтов в экологически безопасный сертифицированный строительный материал – грунт укрепленный техногенный (ГУТ). Технология является наиболее экономичной в сравнении с отечественными и зарубежными технологиями – аналогами.

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. Инженерно-геологические условия рассматриваемой территории можно охарактеризовать как сложные. К неблагоприятным факторам относятся: наличие гидрозолы, высокое положение уровня грунтовых вод, наличие заторфованных грунтов, которые обладают неравномерной сжимаемостью, большая мощность грунтов с низкими прочностными характеристиками.

2. Значительная общая площадь территории квартала 16 СУН и достаточно большая (до 7,4 м) мощность загрязненных техногенных образований, не позволяют произвести рекультивацию на площадке путем полной замены грунтов основания. Обводненность грунтов, особенно зольной части массива (ИГЭ-3), определяет их низкую несущую способность и тиксотропность.

3. Был разработан способ комплексной обработки гидрозолы добавками специально подобранных дозировок химических реагентов для производства укрепленного техногенного грунта (ГУТ).

4. Выполненные исследования подтвердили возможность и целесообразность укрепления зольного массива на исследуемой территории для получения ГУТ на основе гидрозолы.

Литература

1. *Кнатъко В.М.* Теория синтеза неорганических вяжущих веществ в дисперсных грунтах». Л.: ЛГУ, 1989.
2. *Кнатъко В.М.* «Укрепление дисперсных грунтов путем синтеза неорганических вяжущих веществ». Л.: ЛГУ, 1989.
3. *Кнатъко В.М., Щербакова Е.В., Кнатъко М.В., Масленикова И.С.* «Минерально-матричные технологии обезвреживания и утилизации отходов – новые направления в решении проблем защиты геологической среды» // Геозкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2005. № 4.

СИСТЕМНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ПРАКТИКЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ ОСВОЕНИИ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ЦЕНТРАЛЬНОГО РЕГИОНА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

С.В. Козловский

ИГЭ РАН, 101000, Москва, Уланский пер. д. 13, стр. 2. E-mail: bintan@rambler.ru

Проектирование, строительство и безаварийная эксплуатация зданий и сооружений при освоении подземного пространства требуют всестороннего обоснования соответствующих проектов инженерно-геологической информацией, полученной на основании комплексного изучения геологического строения, гидрогеологических условий, развития экзогенных геологических процессов и их влияния на принятие проектных решений.

Мнения исследователей о достаточной степени изученности инженерно-геологических условий урбанизированных территорий в большинстве случаев являются ключевой ошибкой при предоставлении недостоверной информации о качественных и количественных характеристиках грунтов территорий и участков проектируемого строительства.

Так по оценке ряда исследователей [1], для г. Москвы распределение горных инженерно-геологических выработок по интервалам глубин составляет 9,5% (от общего числа) для скважин глубиной 20-30 м. Инженерно-геологические скважины глубиной 30-40 м составляют 0,8%. Далее с увеличением глубины показатели изученности резко снижаются. Наибольшая изученность инженерно-геологических свойств грунтов отмечается на глубинах до 30 м.

Исходя из основных фундаментальных свойств литосферы, базирующихся на изменчивости, неоднородности, асимметрии (диссимметрии) и дискретности показателей свойств грунтов, пренебрежение к применению комплексной оценки приводит к негативным результатам, в ряде случаев проявляющихся уже на этапе строительства.

Изменение законодательства в области технического регулирования при проведении инженерно-геологических изысканий, ликвидация стадийности выполнения инженерно-геологических изысканий привела к упрощенному пониманию конечных целей и задач инженерно-геологического обоснования при реализации инвестиционных проектов и городских программ проектирования.

Инженерно-геологические изыскания начинают ограничиваться в лучшем случае, изучением только архивных материалов весьма сомнительного качества и исполнения.

В современных условиях считается нормальным положением технологической схемы начало выполнения проектирования в условиях, когда инженерные изыскания не завершены, а также когда начало строительных работ выполняется в условиях незаконченных проектных разработок. Это приводит, в конечном итоге, к удорожанию проекта, увеличению технологического срока выполнения работ, срывам сроков введения в эксплуатацию объектов различного назначения.

Не рассматриваются условия размещения опорных участков для детального изучения инженерно-геологических условий. Стационарные наблюдения и мониторинг экзогенных геологических процессов, геологической среды и гидрогеологических условий практически отсутствует, в том числе на особо опасных и технически сложных зданиях и объектах. Не рассматриваются в полной мере воздействия и последствия техногенной нагрузки на геологическую среду, которые могут привести к отрицательным последствиям. В результате выбираются территории или участки малопригодные для реализации данного проекта, или строительство является весьма затратным.

Генеральный план развития урбанизированных территорий принимается без должной предварительной оценки геологического строения, гидрогеологических условий, экзогеодинамики. При выполнении исследований в условиях точечной застройки практически не изучаются изменения геологической среды, под воздействием уже существующих техногенных нагрузок. К примеру, в районах с активными карстовыми процессами на территории городов не прогнозируются усиления развития данного процесса в связи с планируемой техногенной нагрузкой и (или) планируемыми откачками подземных на основании технологических условий эксплуатации подземных сооружений.

При проектировании имеют место массовые мероприятия по смещению контура проектируемого здания (сооружения), без оценки изыскателями возможных изменений физических, прочностных и деформационных свойств грунтов, в отношении уже принятых нормативных значений. Меняется глубина заложения фундамента, конструкция фундамента, этажность, изначальные предполагаемые нагрузки на основание фундамента и проч. Практикуются случаи использования слабых грунтов в качестве основания для фундамента.

При строительстве и эксплуатации зданий и сооружений допускается частичное или полное замачивание грунтов техногенными водами и атмосферными осадками, особенно при обустройстве фундаментов на естественном основании. За достоверные уровни подземных вод принимаются сведения о вскрытых и установившихся уровнях при проходке инженерно-геологических скважин. При исследованиях подземных вод не анализируется должным образом гидрогеологическая обстановка, не учитывается влияние подземных и открытых работ, ведущихся в границах предполагаемой природно-технической системы (ПТС).

Архивные материалы инженерно-геологических изысканий предоставляются без учета изменений состава и свойств геологической среды на основании длительной техногенной нагрузки.

При выполнении инженерно-конструкторских работ, исследователи часто не понимают, что свойства грунтов в периметре и за пределами здания (сооружения) принципиально отличаются по своим свойствам. Результаты исследования грунтов, выполненных по каким-либо причинам на прилегающей территории, предоставляются как результаты исследования грунтов основания.

При подготовительной работе проектируемый объект рассматривается как самостоятельная единица. Вопросы, касающиеся исследования взаимодействия здания с геологической средой как природно-технической (литотехнической) системы (ПТС), отсутствуют. При этом границы ПТС обуславливаются административными границами участков и территорий.

Понятийная база термина «природно-технические системы» в нормативной документации, регламентирующая выполнение инженерно-геологических изысканий, отсутствует. Планирование исследований литосферы, с точки зрения функционирования ПТС объектов урбанизированных территорий, следует предусматривать в две стадии: 1) неустановившегося режима ПТС (период от начала строительства до ввода в эксплуатацию) и 2) относительной стабилизации режима ПТС (управляющие взаимодействия становятся квазистационарными). В настоящее время данный системно-комплексный подход в большинстве случаев отсутствует и не находит должного понимания при эксплуатации объектов.

В городах с развитой массовой подземной инфраструктурой (метрополитен, коллекторы глубокого заложения и т.д.), такие как Москва и Санкт-Петербург, необходимо рассматривать выполнение инженерно-геологических изысканий как исследований, проводимых на подрабатываемых территориях. Подобный методологический подход существенно изменяет методику исследования ПТС, уделяя больше внимания не только оценке состава грунтов и состояния подземных вод и экзогенных геологических процессов, но и смещая комплексные исследования в сторону прогнозирования и управления геологической средой, с последующей постановкой задач мониторинга подземного пространства в границах организованной ПТС.

Новый подход должен осуществляться при планировании освоения подземного пространства. В настоящее время считается нормальным территориальное планирование и создание градостроительного плана, не принимающее во внимание природно-техногенных особенностей освоения подземного пространства.

К подземному пространству, как многоуровневой и многокомпонентной системе следует применять различные иерархические уровни типизации геологической среды по условиям геологического строения, гидрогеологической обстановки и, собственно, условиям освоения.

Литература

1. Антипов А.В., Экзарьян В.Н. и др. Создание картограмм геологической изученности территории г. Москвы с учётом оптимизации инженерно-геологических изысканий. Инженерные изыскания для строительства: практика и опыт Мосгоргеотреста // Под ред. А.В. Антипова и В.И. Осипова. – М.: Информагентство «ГРОМ», 2012. – С. 181-205.
2. Козловский С.В. Основные особенности выполнения инженерно-геологических изысканий при освоении подземного пространства на территории г. Москвы // Материалы научно-практической конференции «Геоэкологические и инженерно-геологические проблемы развития гражданского и промышленных комплексов города Москвы» // Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе. – М.: КДУ, 2008. – С. 60-62.
3. Козловский С.В. Построение природно-технических систем при организации геологической информации // Геологическое изучение и использование недр: Науч.-техн. информ. сб. // ЗАО «Геоинформарк». – М., 2001. – Вып. 1. – С. 43-52.
4. Москва. Геология и город / Под ред. В.И. Осипова, О.П. Медведева. – М.: Изд-во Московские учебники и Картолитография. – 1997. – 399 с.
5. Осипов В.И. Геологическая среда и будущее городов: проблемы и решения. Инженерно-геологические проблемы урбанизированных территорий. Материалы международного симпозиума. – Екатеринбург: Изд-во Аква Пресс, 2001. – С. 72-78.
6. Осипов В.И. Геологические условия градостроительного развития г. Москвы. – М.: Московские учебники СиДиПресс. – 18 с.

ОЦЕНКА СЛОИСТЫХ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ ВЫСОТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ПОЗИЦИЙ ТЕОРИИ КОМПОЗИТОВ

**В.Н. Кутергин, Р.Г. Кальбергенов, Ф.С. Карпенко,
В.П. Мерзляков**

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Уланский пер., 13, стр. 2,
Москва, 101000, Россия. E-mail: vank@bk.ru

Развитие территорий городских агломераций в значительной степени связано с активной строительной деятельностью. На современном этапе строительство становится все более сложным и ответственным, увеличивается высотность возводимых зданий, глубины заложений фундаментов, активно развивается транспортная инфраструктура, в том числе и подземная. Это приводит к тому, что техногенное влияние на урбанизированных территориях охватывает все более глубокие грунтовые горизонты. В силу геологического строения территории России значительная часть городских агломераций расположена в платформенных областях и грунтовым основанием при строительстве являются осадочные породы платформенного чехла. Поэтому большое практическое значение приобретает характеристика свойств грунтовых массивов, сложенных осадочными породами.

Для массивов осадочных пород характерно слоистое строение, при этом в пределах слоя одного возраста и генезиса (мезослоя) могут накапливаться разнородные как дисперсные, так и скальные грунты, обладающие различными физическими и механическими свойствами. В пределах мезослоя могут быть заключены более мелкие разнородные чередующиеся макрослои с различными свойствами. Отдельная оценка свойств грунтов в пределах каждого макрослоя не учитывает возможные эффекты взаимодействия разнородных макрослоев; осреднение же свойств грунтов в рамках мезослоя приводит к существенным упрощениям, сказывающимся на точности оценки характеристик. Мезослои описанного строения могут быть рассмотрены как природные слоистые композитные системы. Композитным называется неоднородный (гетерогенный) материал, состоящий из двух или более фаз, взаимно нерастворимых и не диффундирующих, т.е. с четкой границей раздела. Фазы композитных материалов представлены матрицей (заполнителем) и армирующими элементами, имеющими различную относительную объемную концентрацию и находящимися в том или ином взаимном расположении. При соединении различных компонент композитный материал приобретает физические и механические свойства, которые, с одной стороны, тем или иным образом сочетают свойства компонент, а с другой стороны, обнаруживают и качественно новые эффекты, не присущие компонентам в отдельности. При сочетании разных материалов каждый из них вносит свое качество в определенной пропорции.

На территории Москвы примером такой сложно построенной переслаивающейся толщи могут служить отложения воскресенской свиты кривякинского горизонта касимовского яруса верхнекаменноугольной системы (C_{3VS}). Именно эти грунты являются основаниями многих возводимых в последнее время в г. Москве сооружений повышенной этажности и, кроме того, являются вмещающей средой для подземных сооружений, в частности тоннелей и шахт метрополитена. Из-за того, что морской бассейн касимовского времени был мелким и его береговая линия значительно перемещалась при вертикальных движениях земной коры, отложения C_{3VS} очень изменчивы как сверху вниз по разрезу, так и по простиранию пород. В целом грунтовый массив воскресенской свиты представляет собой незакономерное чередование слоев пестроцветных дисперсных грунтов преимущественно красного, вишневого и бордового цвета и светло-серых, зеленовато- и голубовато-серых слоев скальных пород.

Исследования были проведены на образцах пород двух участков: площадок строительства высотных зданий района Москва-Сити и шахты метрополитена на северо-западе Москвы.

Дисперсные грунты представлены суглинками ($I_p=15.0$), маловлажными ($W_e=16.4\%$), твердой, редко полутвердой консистенции ($I_L=-0.43$), низкой пористости ($e=0.463$), плотными ($\rho=2.22\text{ г/см}^3$). Они умеренно гидрофильны, средняя величина набухания составляет 2%. Модуль общей деформации суглинков равен в среднем $E_o=20.2\text{ МПа}$. Скальные породы представ-

лены доломитами, известняками и мергелями со средней плотностью $\rho=2.35$ г/см³ и влажностью $We=3.3$ %. Коэффициент пористости составляет в среднем $e=0.216$, степень водонасыщения $S_R=0.43$. Средний модуль общей деформации скальных пород $E_0=1040$ МПа.

При оценке свойств толщи воскресенских глин в целом наибольшие затруднения вызывает их разнородность, т.е. существенные изменения характеристик в пределах мезослоя. В полевых испытаниях, при попадании в активную зону сжатия грунтов под штампом макрослоев скальных пород, полученные значения сжимаемости оказываются заниженными, и, наоборот, штампы, установленные на дисперсных суглинках дают завышенные результаты. Более массовые лабораторные испытания образцов, представляющих собой различные композиционные сочетания скальных и дисперсных пород позволяют получить широкий спектр значений характеристик прочности и сжимаемости в зависимости от соотношения компонентов. Основной задачей, возникающей при этом, является анализ и правильная интерпретация полученных данных.

Лабораторные испытания образцов пород (85 определений) проводились в приборах трехосного сжатия, позволяющих моделировать природные напряженно-деформированные состояния грунтовой толщи.

Как уже было сказано, отложения воскресенских глин являются, по сути, природной композитной системой, поэтому важным является достоверно оценить соотношение матричных слоев грунтов терригенного происхождения и армирующих толщу слоев карбонатных пород. Эта задача решалась путем растривания (пиксельного изображения) цветных фотографий образцов пород с использованием программного пакета Adobe Photoshop CSS Extended. Соотношение слоев выражалось в виде коэффициента α , представляющего собой отношение содержания терригенного материала в образце к общему содержанию грунтовых частиц. Результаты экспериментальных исследований деформируемости воскресенских глин представлялись в виде зависимости модуля общей деформации $E_{0к}$ образцов грунтов от относительного содержания терригенного материала (коэффициента α). Они сопоставлялись с теоретическими кривыми, полученными расчетным путем по методикам, предложенным А.Н. Власовым и В.П. Мерзляковым [1], Р. Кристенсеном [2] и по правилу обратной смеси (формуле А.Г. Тархова) [4]. Для расчетов использовались приведенные выше значения модуля деформации дисперсных и скальных грунтов и значения коэффициента Пуассона, составляющего соответственно $\mu_1=0.20$ и $\mu_2=0.38$.

Сопоставление экспериментальных и расчетных данных показывает, что ни одна из теоретических зависимостей не может удовлетворительно охарактеризовать деформируемость воскресенских глин при различных сочетаниях терригенной матрицы и армирующих скальных слоев. Наиболее близкой к экспериментальным данным оказывается модифицированная зависимость Р. Кристенсена, однако она применима лишь при значениях α в интервале $\sim 0,70 - 1,00$.

Рассмотренные зависимости касаются более всего, либо сплошных сред, либо зернистых материалов, а не сочетания дисперсной матрицы и скальных армирующих элементов. В так называемых несимметричных композитах, имеющих слои, значительно отличающиеся по свойствам, характеру структурных связей, толщине, в результате приложения механических нагрузок наблюдаются контактные мембранно-изгибные взаимодействия [3]. Очевидно, упомянутые выше методы расчета не учитывают в должной мере взаимное влияние армирующих элементов и матрицы.

При анализе полученных экспериментальных данных, было отмечено, что характеристики деформируемости дисперсной матрицы меняются при различных сочетаниях композитных составляющих. При коэффициентах $\alpha=1$ и $\alpha=0$ деформируемость образцов грунтов определяется соответственно модулем общей деформации матрицы E_{OM} и модулем общей деформации армирующих скальных пород E_{OA} . В интервале значений $0 < \alpha < 1$ для кривых зависимостей “относительная осевая деформация-осевое напряжение” выделяются два участка с разным характером деформируемости: первый – с наиболее интенсивным накоплением осевых деформаций, и второй, на котором при увеличении осевых напряжений рост деформаций значительно меньше (рис. 1). Общая деформируемость образца характеризуется значением модуля общей деформации композита в целом E_{OK} .

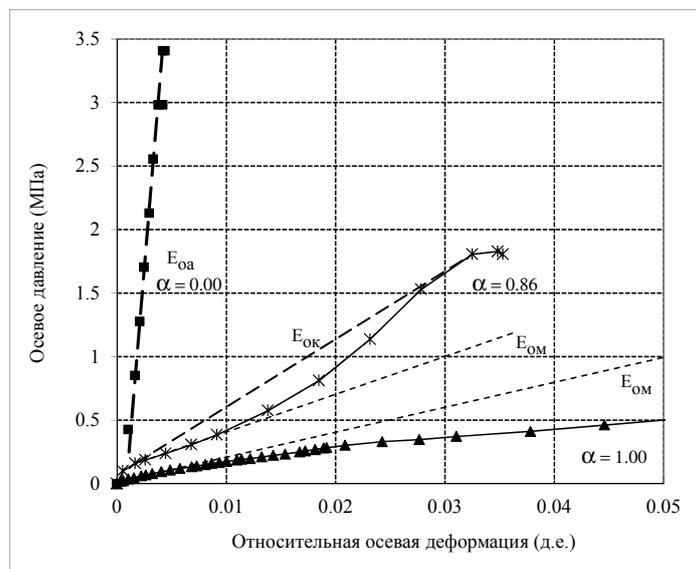


Рис. 1. Графики зависимостей “осевое давление – деформация” по результатам трехосных испытаний образцов грунтов с различными значениями α

Композитные системы должны обладать характеристиками, обусловленными исходными фактическими свойствами составляющих (матрицы и армирующих элементов), а также соотношением их долей в объеме материала. Это положение постулируется общеизвестным правилом смесей. В композитной системе, свойства составляющих элементов которой значительно отличаются друг от друга, для наиболее жесткого армирующего слоя можно принять постоянным значение деформационных характеристик при различных сочетаниях компонентов. Для наиболее “мягкой” составляющей, как показывают эксперименты, характеристики деформируемости могут меняться при различных соотношениях матрицы (терригенных дисперсных пород) и армирующих карбонатных слоев.

С учетом вышесказанного на основе формулы обратного правила смеси А.Г. Тархова была получена зависимость, удовлетворительно описывающая изменение полученных в экспериментах значений E_{OK} в функции соотношения содержания карбонатных и терригенных пород α и позволяющая оценить изменение модуля общей деформации композитных пород в пределах толщи воскресенских глин:

$$\frac{1}{E_{OK}} = \frac{1-\alpha}{E_{OA}} + \frac{\alpha}{E_{OM}} = \frac{1-\alpha}{E_{OA}} + \frac{\alpha}{A \cdot e^{-m \cdot \alpha}}$$

На основе этой зависимости была проведена поинтервальная оценка E_{OK} для расчетов деформационного поведения толщи в зависимости от расположения нижней границы активной зоны сжатия, определяемой величиной нагрузки от проектируемых объектов (табл. 1). Значение модуля общей деформации при прогнозируемом сжатии толщи воскресенских глин в целом оценивается в 171 МПа, а по глубинным интервалам E_{OK} изменяется от 143 до 317 МПа в зависимости от соотношения карбонатных и терригенных слоев.

Таблица 1

Поинтервальная по глубине оценка строения и характеристик деформируемости слоистой композитной толщи

Характеристика	В интервалах глубин, м									
	до 1,0	до 2,0	до 3,0	до 4,0	до 6,0	до 8,0	до 9,0	до 10,0	до 11,0	до 11,2
α	0,48	0,59	0,60	0,64	0,64	0,60	0,59	0,61	0,62	0,60
E_{OK} , МПа	317	184	176	143	144	173	178	167	160	171

Таким образом, оценка деформационных свойств толщи воскресенских глин может быть дана на основе предложенного и использованного методического подхода к исследованиям слоистых композитных систем.

Выводы

1. Анализ строения толщи воскресенских глин (C_{3vs}) позволяет представить ее как природную композитную систему, состоящую из армирующих слоев скальных пород и матрицы дисперсных суглинков. Это означает, что она может обладать характеристиками, обусловленными исходными фактическими свойствами составляющих (матрицы и армирующих элементов), а также соотношением их долей в объеме материала, выражаемом коэффициентом α .

2. Выполненные эксперименты на трехосное сжатие образцов грунтов позволили получить как характеристики самих компонентов, так и характеристики толщи при различных сочетаниях составляющих композита.

3. Для оценки изменения деформируемости пород при различных значениях α на основе обратного правила смеси получена зависимость, учитывающая изменение модуля общей деформации дисперсной матрицы при изменении соотношения компонентов, позволяющая рассчитать деформационные характеристики толщи по глубине с учетом активной зоны сжатия.

4. Предлагаемый методический подход к исследованиям слоистых композитных систем, заключающийся в комплексном анализе строения природных композитных толщ и механических свойств слоистых образцов рассматриваемой толщи, полученных при лабораторных испытаниях в условиях трехосного сжатия, может быть рекомендован для инженерно-геологической характеристики грунтовых массивов осадочных пород, наиболее часто являющихся основанием при строительной деятельности в большинстве городских агломераций.

Литература

1. *Власов А.Н., Мерзляков В.П.* Усреднение деформационных и прочностных свойств в механике скальных пород. М.: Издательство АСВ, 2009, 208 с.
2. *Кристенсен Р.* Введение в механику композитов. М.: Мир, 1982, 334 с.
3. *Рейфснейдер К.* Повреждение конструкций из композитов в процессе эксплуатации // Прикладная механика композитов / Под ред. Ю.М. Тарнопольского. М.: Мир, 1989, с. 108-142.
4. *Тархов А.Г.* К вопросу об анизотропии упругих свойств в горных породах // Материалы ВСЕГЕИ. Общая серия. 1940, № 5, с. 209-222.

УЧЕТ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ И ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА НА ТЕРРИТОРИИ г. КРАСНОДАРА

Т.В. Любимова, Т.В. Бондаренко

ФГБОУ ВПО Кубанский государственный университет, 350040 ул. Ставропольская, 149.
E-mail: nik_bond@mail.ru

На сегодняшний день в г. Краснодаре, все сильнее назревает проблема дефицита территории, отводимой под массовую застройку. Приоритетными градостроительными направлениями становятся высотное и подземное строительство. Сооружениями повышенной сложности осваивается значительная часть города. Практически в каждом районе можно отметить хотя бы один высотный объект. При всей перспективности, процесс проектирования и строительства высотных и заглубленных сооружений сопряжен с рядом трудностей, в значительной мере предопределенных инженерно-геологическими условиями территории. Кроме этого, на данный момент очень непростая ситуация в нормативно-правовом обеспечении проведения инженерно-геологических изысканий для высотного строительства. В документах нет как такового учета особенностей инженерно-геологических изысканий для строительства высотных зданий, все сводится к ужесточению отдельных требований по сравнению с изысканиями под малоэтажную застройку. Это ужесточение представляется логичным, но недостаточным шагом для раскрытия специфики высотного строительства.

Как известно, к числу основных особенностей высотных зданий относятся:

- значительные величины как статических, так и динамических нагрузок на несущие конструкции и на основания;
- высокое, иногда критическое значение горизонтальных (в первую очередь ветровых) нагрузок;
- проблемы неравномерности, как величин нагрузок, так и характера их приложения;
- подбор материалов конструкций, обеспечивающий однородность физико-механических характеристик;
- повышенная значимость воздействия природных и техногенных факторов на безопасность строительства и эксплуатации;

Для г. Краснодара характерно глубокое залегание коренных пород, вследствие чего нагрузки приходится передавать на грунты четвертичных отложений, которые обладают недостаточно высокими прочностными характеристиками и повышенной сжимаемостью.

Основная часть города расположена в пределах II надпойменной террасы р. Кубань. Поверхность ее ровная, с уклоном в юго-западном направле-

нии. Превышение II надпойменной террасы над поймой от 3,0-4,0 м до 5,0-6,0 м, ширина в пределах города от 1,0 до 6,0 км. Бровка террасы достаточно четкая. В геологическом строении террасы принимают участие:

1. Делювиально-эоловые верхнеплейстоценовые отложения представлены лессовидными суглинками, реже – глинами желто-бурого и палевого цвета, в различной степени макропористыми, с включениями карбонатов в виде плесени и конкреций. Погребенные почвы не характерны. Основными породообразующими минералами песчаной и пылеватой фракций, являются кварц (до 59%), и полевой шпат (до 12%). Кальцита в суглинках содержится до 6%. Глинистая фракция суглинков характеризуется довольно постоянным гидрослюдисто-монтмориллонитовым составом.

2. Аллювиальные среднеплейстоценовые отложения. Залегают с глубины 5,0-7,0 м и представлены глинами, с прослоями и линзами песков. Нередки супеси. Глины бурого желтовато-бурого и серого цвета, плотные, со следами оглеения. Супеси залегают прослоями и линзами мощностью от 0,5 до 1,5 м. Обычно желтовато-серые, пластичные, водонасыщенные. Мощность колеблется от 3,0 до 10,0 м.

3. Озерно-лиманные среднеплейстоценовые отложения, залегают с глубины 10,0-15,0 м и распространены преимущественно в северной части террасы. Они представлены глинами темно-серого или темно-коричневого цвета. В кровле, 2,0-3,0 м, заторфованные, водонасыщенные, с прослоями торфа от 0,1 до 2,0 м. Подстилаются эти отложения голубовато-серыми и зеленовато-бурыми глинами. Глины плотные, с известковыми стяжениями, в интервале 15,0-17,0 м, местами слабозаторфованные. К подошве слоя опесчанены, с прослоями песков и супесей мощностью 0,1-1,5 м. Мощность отложений достигает 7,0-14,0 м.

4. Аллювиальные нижне-среднеплейстоценовые отложения вскрываются скважинами на глубинах 23,0-28,0 м и представлены русловой фацией – песками, гравием, галькой. Пески мелкой и средней крупности, серой и голубовато-серой окраски, кварц-полевошпатовые с гравием и галькой, в подошве – гравийно-галечниковые отложения с песком и обломками кристаллических пород. Мощность отложений песков 5,0-10,0 м, гравийно-галечниковых – 2,0-4,0 м. Общая мощность достигает 25-35 м.

5. Аллювиальные нижнеплейстоценовые отложения залегают на отметке близкой к 0,0 м. Представлены серыми и голубовато-серыми песками с включениями гравия и гальки, с отдельными прослоями галечника.

При глубоком заложении фундаментов в зону сжимающих напряжений попадают глины, которые отличаются разной степенью заторфованности, а также торфы [2]. Эти грунты являются самыми слабыми грунтами II надпойменной террасы реки. Глубина их залегания колеблется от 10,0 до 20,0 м, что создает непростую инженерно-геологическую обстановку.

Кроме этого, одним из самых сложных в инженерно-геологическом отношении местом г. Краснодара является старица Карасун. За пределами города русло сухое и прослеживается слабо. У восточной окраины долина при-

нимает более четкие формы и протягивается в субширотном направлении через весь город почти на 20 км.

Старица Карасун представляла собой 15 застойных озер, находящихся на разных расстояниях друг от друга. Длина озер от 150–800 м при максимальной глубине 3,5 м. После строительства дамб началось заиливание русла балки, подъем воды в образовавшихся озерах и повышение уровня грунтовых вод. В настоящее время глубина вреза балки в поверхность террасы уменьшилась до 2,5–6,0 м, а уровни воды в озерах только на 1,5–4,0 м ниже прилегающей поверхности террасы. Мощность современных иловых наносов в русле балки изменяется в пределах 3–5 м [1].

Учитывая литологический состав, органические примеси и условия образования, отложения реки относят к старичной фации. Наиболее четко прослеживается горизонт торфа, залегающий на отметке, близкой к 14–15 м. Выше и ниже торфов по всей долине отмечаются прослойки илов мощностью 1–5 м. Илы и торфы подстилаются иловатыми, глинистыми, заторфованными глинистыми и супесчаными грунтами. Отложения имеют темно-серую окраску, с обилием растительных остатков хорошей сохранности в кровле и обломков ракушек. Завершают разрез обычно глинистые запесоченные отложения, идентичные по составу аллювиальным отложениям второй надпойменной террасы Кубани, мощностью до 5–6 м.

Особенностью Карасунских отложений является отсутствие выдержанных по мощности песков. Пески встречаются только в виде линз и прослоев мощностью от 3 до 15 см, подчеркивая тем самым слабое развитие русловой фации. Погребенные грунты в долине реки отличаются большим содержанием органики с весьма слабыми процессами гниения, являются агрессивной средой для бетонов и металла.

Наиболее опасными геологическими процессами для города могут считаться просадочность и суффозия. Большая часть территории представлена просадочными грунтами – суглинками делювиально-эоловые. Также большую опасность для строительства представляют подземные и поверхностные воды. На одних участках в связи с неглубоким залеганием подземных вод формируется «верховодка», на других – происходит подтопление за счет влияния Краснодарского водохранилища, некорректным осуществлением стока вод при гражданском и дорожном строительстве, нерабочей системы стока вод в ливневую канализацию и многих других причин.

В таких условиях неравномерность передачи нагрузок, неоднородность напластования грунтов и повышенная их деформируемость при недостаточно эффективных проектных решениях могут привести к развитию чрезмерных осадков, прогибов и кренов фундаментных частей зданий. При осадке высотного здания нарушается сложившееся состояние баланса грунтов, и развиваются значительные зоны деформаций грунтового массива. Это, вместе с увеличенными значениями напряжений в массиве грунта, приводит к тому, что:

– осадки высотных зданий стабилизируются относительно медленнее и достигают конечных значений за более длительные интервалы времени;

– фундаменты существующих зданий, попавших в зону влияния, получают необратимые деформации.

Увеличение размеров зоны влияния нужно учитывать при проектировании сооружений, примыкающих к высотному зданию, и при разработке мероприятий по защите окружающей застройки. Указанные геотехнические особенности высотных зданий делают необходимым существенное повышение требований к детальности и содержательности инженерных изысканий, к расчетам оснований и фундаментов, к выбору конструктивных типов фундаментов и технологий их устройства.

Несмотря на то, что в целом, геологические условия г. Краснодара достаточно сложные, все же возможно массовое высотное и подземное строительство. Но, главными и принципиально важными условиями для столь сложного строительства должны быть грамотное и высококачественное исполнение инженерно-геологических изысканий, выбор правильного фундамента и отслеживание состояния грунтового массива на всех стадиях строительства и эксплуатации.

Литература

1. *Илюхин С.Р.* При реке Кубани, в Карасунском куте, или Ландшафтная экология Екатеринодара в историческом плане. Краснодар: Кубаньпечать, 1998. 152 с.

2. *Кривошеев Р.П., Бондаренко Н.А., Любимова Т.В.* Инженерно-геологические аспекты консолидации заторфованных грунтов на примере территории г. Краснодар // Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (21-22 марта 2013). Сергеевские чтения: «Устойчивое развитие: задачи геоэкологии». Вып. 15. М.: РУДН, 2013. С. 55-60.

ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

**Н.Г. Мавлянова, И.В. Козлякова, Н.Г. Анисимова,
О.Н.Еремина, И.А. Кожевникова**

Институт геоэкологии им. Е.М.Сергеева, РАН, Москва, 101000, Уланский пер. 13, стр. 2
E-mail: mavnad13@rambler.ru

Мировой опыт градостроительства свидетельствует о том, что решение широкого круга социально-экономических, архитектурно-планировочных и экологических проблем городов невозможно без планомерного и комплексного использования их подземного пространства. Рост концентрации населения требует все новых площадей для зданий, дорог, обслуживающих сооружений и всего того, что необходимо человеку для жизни.

Проблему дефицита городских земель и повышения эффективности их использования, особенно в центральных частях мегаполисов, во многом могут решить уже внедряемые многоуровневые системы с освоением подземного пространства. Ниже уровня земли размещают различного рода коммуникации, помещения и устройства транспортного назначения, предприятия общепитового и культурно-бытового обслуживания. Подземным сооружениям неведомо воздействие внешних факторов: осадков, метелей и ураганов. Там всегда стабильный влажностно-температурный режим, который очень легко поддерживать в нужных пределах. Это пояс постоянной температуры, где круглосуточно сохраняется одна и та же температура. В высоких широтах слой находится на глубине 20–30 м, в средних широтах – 15–20 м и в тропическом поясе – 5–10 м.

В отечественной и зарубежной практике прослеживается тенденция к объединению торгово-бытовых предприятий, зрелищных, культурно-просветительных, административных и спортивных учреждений, транспортных сооружений в крупные комплексы с подземной частью. Такие комплексы располагают на основных транспортных магистралях, их пересечениях, в транспортных узлах, под крупными городскими площадями, либо улицами. Анализ зарубежного опыта освоения подземного пространства мегаполисов показывает, что оптимальные условия для обеспечения устойчивого развития и комфортного проживания достигаются при доле подземных сооружений от общей площади вводимых объектов в 20–25%. В настоящее время этот показатель для г. Москвы, по данным А. Левченко [1], составляет всего 8%.

Развитие подземных городов – относительно новое явление, оно началось в 1960-х в Канаде (Монреаль, Торонто). На сегодняшний день Монреальский подземный город (RESO) является самым большим в мире и занимает площадь более 12 км² с протяженностью туннелей более 32 км. Эти туннели соединяют торговые комплексы, жилые здания, отели, дома, банки, офисы, музеи, университеты, 7 станций метро, железнодорожные и автобусные станции, сохраняя при этом исторический облик города на поверхности.

Подземные комплексы стремительно развиваются и становятся неотъемлемой частью мегаполисов в мире. Так, в Париже – это подземный центр с торговыми рядами под площадью Этуаль, который включает пересечения линий метро и подземных переходов; подземный торговый центр Ле Алль на месте бывшего Центрального рынка, где совмещены пересадочные станции автобуса и метро; 11-уровневая система различных сооружений под площадью Дефанс. Во многих городах Японии в подземных центрах располагается большое количество магазинов, построен целый подземный проспект Новая Гиндза. В г. Кобе подземный центр ежедневно посещают до 500 тыс. человек, подземный торговый центр Осаки до 800 тыс. человек. Свыше 50 тыс.м² занимают сооружения подземного комплекса под площадью Штаус в Мюнхене. На верхних этажах расположены магазины, пешеходные переходы. Уровнем ниже размещены обслуживающие помещения, службы и кассы городской железной дороги, еще ниже – городской вокзал, гаражи для легковых автомобилей, станция метро.

В последнее десятилетие лидером в освоении подземного пространства стал Китай. В 2007 г. в Пекине использовалось 30 км² подземного пространства, и эта цифра ежегодно увеличивается на 10% [4]. Уже более чем в 200-х городах Китая имеются подземные торговые комплексы. Примером стремительного освоения подземного пространства является Шанхай, самый крупный город в мире, с населением более 25 млн. человек. В 1995 г. в городе была только одна линия метрополитена. В 2010 г. в Шанхае уже 11 линий с 267 станциями и 410 км туннелей. К 2025 г. планируется построить еще 7 линий метро [3].

Современная практика проектирования и строительства подземных торговых комплексов получает свое развитие в России и странах СНГ. Например, на территории Московского мегаполиса подземное строительство началось еще со строительства подземных коллекторов рек и ручьев и первых линий метрополитена. В настоящее время ведется интенсивное строительство современных высотных сооружений, при котором на значительную глубину используется подземное пространство, строятся уникальные автомобильные тоннели и новые линии метрополитена. Одним из первых крупных подземных торговых центров в г. Москве стал «Охотный ряд», построенный в 1997 г., общей площадью 63000 м². В настоящее время в городе крупнейшим торговым центром является «Афимол Сити», построенный в 2011 г., так общая площадь комплекса в составе «Москва-Сити» составляет 179 000 м².

Важнейшую роль в комплексном освоении подземного пространства городов играют архитектурно-планировочные решения подземных объектов. В настоящее время можно выделить 8 типов освоения подземного пространства (табл. 1) [2].

Таблица 1

Типы освоения подземного пространства

№ п/п	Типы освоения подземного пространства	Объекты подземного пространства городов
1.	Комплексная застройка жилых и административных районов:	1.1 – крупные административно-культурные, финансовые и торгово-бытовые, спортивно-рекреационные комплексы; 1.2 – двухъярусные сооружения мелкого заложения под строящимися зданиями с единой подземной инженерной сетью; 1.3 – локальные объекты социально-производственной инфраструктуры.
2.	Подземные транспортные сооружения:	2.1 – железнодорожные тоннели и въезды-выезды; 2.2 – автодорожные тоннели и развязки; 2.3 – подземные трамвайные и троллейбусные проезды; 2.4 – тоннели для подземной транспортировки грузов; 2.5 – пешеходные переходы; 2.6 – пешеходные зоны (тротуары, улицы); 2.7 – автогаражи и автостоянки;

Окончание табл. 1

№ п/п	Типы освоения подземного пространства	Объекты подземного пространства городов
		2.8 – автовокзалы и железнодорожные вокзалы; 2.9 – автопарки, автобазы, трамвайные и троллейбусные депо.
3.	Комплексное освоение подземного пространства при строительстве метрополитена:	3.1 – комплексное использование подземного пространства при строительстве станций и перегонных тоннелей мелкого заложения; 3.2 – комплексное использование подземного пространства при строительстве станций и перегонных тоннелей глубокого заложения.
4.	Инженерные коммуникации:	4.1 – магистральные проходные коллекторы; 4.2 – многофункциональные проходные коллекторы с дублированием функций транспортировки стоков и сопутствующими очистными и утилизирующими сооружениями; 4.3 – локальные коллекторы предприятий и частных фирм; 4.4 – районные полупроходные и проходные коллекторы.
5.	Объекты инженерной инфраструктуры	5.1 – районные сооружения для очистки воды; 5.2 – системы оборотного водоснабжения; 5.3 – локальные очистные сооружения бытовых стоков; 5.4 – локальные очистные сооружения производственных предприятий; 5.5 – локальные очистные сооружения ливневых стоков; 5.6 – централизованные внутригородские сооружения очистки стоков; 5.7 – подземные сети для сбора и удаления мусора; 5.8 – подземная переработка и утилизация мусора; 5.9 – резервуары и резервные емкости для воды и стоков.
6.	Сооружения производственно-хозяйственного назначения	6.1 – строительство отдельных производственных помещений; 6.2 – производственные цеха и предприятия; 6.3 – склады горючих и смазочных материалов; 6.4 – продуктовые склады; 6.5 – товарные склады; 6.6 – склады особо опасных и токсичных веществ.
7.	Сооружения энергетического комплекса:	7.1 – локальные трансформаторные и тепловые пункты, отдельные котельные; 7.2 – районные подстанции и котельные; 7.3 – гидро- и пневмоаккумулирующие станции.
8.	Укрытия	8.1. – локальные и районные мелкого заложения; 8.2 – центральные глубокого заложения.

Строительство подземных сооружений вызывает в большинстве случаев значительное изменение природных инженерно-геологических и гидрогеологических условий. Оно начинается с момента производства строительных работ и продолжается в результате взаимодействия геологической среды и подземных сооружений в процессе их эксплуатации. Для эффективного решения задач подземного строительства необходимо инженерно-геологическое, геотехническое, а также экологическое районирование городских территорий. Методика типизации подземного пространства городов разрабатывалась в зарубежной литературе рядом авторов. Так, Э. Мульдер считает, что для строительства на городских территориях и вдоль транспортных путей систематическая информация требуется, по крайней мере, до глубины 50 м от поверхности. В зависимости от глубины заложения фундаментов выделяются следующие интервалы изучения подземного пространства: 0-5 м; 5-10 м; 10-15 м [5].

Факторы, учитываемые при типизации и районировании городского подземного пространства включают: геоморфологические особенности, геологическое строение (стратиграфические границы, мощность выделяемых стратиграфических горизонтов, тектонические нарушения, литология и генезис грунтов, мощность покровных отложений, глубина залегания коренных пород), гидрогеологические характеристики (уровни грунтовых вод и их колебания), физико-механические (геотехнические) свойства грунтов, (плотность, влажность, сжимаемость, сдвиговая прочность, сопротивление конусу и т.д.), степень развития опасных природных и техно-природных процессов, загрязнение грунтов, наличие и характеристика уже существующих инженерных сооружений, история хозяйственного использования территории, мощность культурного слоя, наличие исторических ценностей и археологических находок.

Изучение изменений геологической среды в связи с подземным строительством, их долгосрочное прогнозирование имеют исключительно значение. Знание возникающих в результате подземного строительства инженерно-геологических процессов и явлений необходимо не только для правильного проектирования, строительства и надежной эксплуатации сооружений, но также для прогнозирования нежелательных физико-геологических процессов и явлений, которые могут происходить на поверхности земли в пределах существующей городской застройки. В процессе производства подземных строительных работ, сопровождающихся выемкой тем или иным способом определенного объема пород, вокруг горных выработок формируются зоны нарушения и сдвижения, в пределах которых породы приобретают новые физико-механические свойства и качественные состояния. Эти изменения вызваны нарушением природного напряженного состояния пород и их подвижками в зонах, примыкающих к горным выработкам. При этом формируется комплекс новых геодинамических процессов и явлений, среди которых наибольшее развитие получают: сдвижение и разуплотнение пород, разрушение и потеря связности, расслоение и пластические деформации, выжимание и разрывы сплошности. Подобные процессы приводят, как правило, к значи-

тельному ухудшению строительных свойств пород и их устойчивости, вызывающему необходимость выполнения специальных предупредительных мероприятий (техническая мелиорация, устройство шпунтовых ограждений, крепежных приспособлений и т.д.).

Степень развития этих процессов определяется многими факторами: физико-механическими свойствами и состоянием пород, их обводненностью, применяемыми способами водопонижения, подземным строительством, соблюдением технологии работ, объемом подземных выемок. Особую опасность при осуществлении подземного строительства представляют отступления от технологии работ, внезапные прорывы вод, пльвунгов и газов, приводящие к возникновению аварийных ситуаций не только в подземных выработках, но и в наземных зданиях и сооружениях. В практике известны примеры, когда подобные явления вызывали потерю устойчивости больших массивов пород, их подвижка принимала лавинообразный характер и достигала поверхности земли. Вместе с тем стабилизация этих подвижек может происходить длительное время и оказывать постоянное воздействие на существующие подземные и особенно наземные здания и сооружения.

Анализ опасных природных процессов при строительстве подземных сооружений показывает, что наземное и подземное пространство городов необходимо рассматривать как единую природно-техническую систему. При инженерно-геологических изысканиях для проектирования подземных сооружений в зависимости от их назначения, уровня ответственности, конструктивных особенностей и глубины расположения необходимо выявлять и изучать:

- тектонические структуры, разрывные и складчатые нарушения;
- древние эрозионные долины;
- глубину залегания скальных грунтов;
- наличие в толще дисперсных грунтов прослоев трещиноватых скальных грунтов;
- ожидаемые водопритоки в котлованы и подземные выработки, величины напора в горизонтах подземных вод, наличие и толщину водоупоров и их устойчивость против прорыва напорных вод;
- наличие и распространение специфических грунтов и грунтов, склонных к проявлению пльвунных, тиксотропных и суффозионных свойств и виброползучести;
- наличие и местоположение других подземных сооружений: линий метро, тоннелей, инженерных коммуникаций, а также старых подвалов, колодцев, подземных выработок, буровых скважин и пр.;
- динамические воздействия от существующих сооружений (СНИП).

Освоение подземного пространства, помимо повышения эффективности использования недр за счет создания в пригодных для этого участках массива горных пород подземных объектов, а также возможности их использования в новом функциональном качестве и сохранения экологической чистоты, позволяет:

- исключить негативное влияние на эксплуатацию подземного объекта погодных и климатических условий;
- обеспечить безопасность при всех видах внешних воздействий (стихийных, техногенных и диверсионных);
- сохранить городские ландшафты, представляющие культурно-историческую ценность;
- уменьшить отрицательное воздействие потенциально опасных производств;
- уменьшить затраты энергии на отопление и охлаждение помещений;
- повысить степень безопасности движения транспорта и пешеходов;
- повысить уровень комфортности и безопасности жизнедеятельности человека.

Важная особенность подземного пространства города – его скрытость. Это качество может быть использовано в целях национальной безопасности, а также преодоления недостатков и эстетической непривлекательности отдельных видов технологического промышленного оборудования.

Оценка условий подземного строительства и выбор оптимальных проектных решений требует максимально полной информации о геологической среде как на стадии первоначального выбора проекта, так и на этапах детального проектирования и мониторинга строящихся и эксплуатируемых сооружений.

Литература

1. *Левченко А.Н.* Обоснование методологии и разработка инновационных технических решений освоения подземного пространства мегаполисов: Автореф. дис. д-ра техн. наук. – М., 2009.
2. *Поддубный В.В.* Обоснование инженерных решений по эффективному освоению подземного пространства крупнейших и крупных городов: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Екатеринбург, 2008.
3. *Mulder E.F.J. de, Pereira J.J.*. Earth Science for the city.//In: Culshaw, M.G., Reeves, H.J. Jefferson, I. and Spink, T.W (eds.) Engineering Geology for Tomorrow's Cities. Geological Society, London, Engineering Geology Special Publication, 2009, pp. 25-31.
4. *Mulder E.F.J. de* Sustainable Development and Management of the Subsurface// Геоэкология. 2004, №1, с.13-15.
5. *Mulder Ed F.J. de, Baardman, Bernice A.M. Kate Arthur M.* The Underground Municipal Information System (UMIS)//Engineering Geology and the Environment. Proceedings of International Symposium on Engineering Geology and the Environment organized by the Greek national group of IAEG, Greece, 23-27 June 1997.

ОПЫТ ОЦЕНКИ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЙ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ МОРСКОГО ПОРТА ТЕМРЮК

С.Г. Миронюк¹, О.Р. Озмидов²

¹ ООО «Газпром инжиниринг», 117418, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 25А.
E-mail: mironyuk.sg@gaz-eng.ru

² ОАО «МОСТДОРГЕОТРЕСТ», 129344, г. Москва, ул. Искры, д. 31, корп. 1.
E-mail: ozmidov@mail.ru

Сочетание высокой (до 9 баллов) сейсмичности и широкое распространение в береговой зоне Азовского и Черного морей водонасыщенных песчано-глинистых отложений создает повышенную опасность повреждения и разрушения гидротехнических сооружений, возведенных в указанной зоне в случае разжижения их грунтовых оснований.

Экспериментальные исследования сейсмической устойчивости слабых водонасыщенных грунтов в прибрежных районах и на шельфе Черного моря показали, что на суше, в пределах голоценовой морской террасы (район г. Анапы и Имеретинская низменность) в слоистом разрезе имеются горизонты и линзы сейсмически неустойчивых пылеватых песков, разжижающихся при пиковых амплитудах ускорений грунта сценарных землетрясений $a = 300-635 \text{ см/с}^2$ [3,7,9]. Кроме того, установлено, что грунтовая толща указанных районов включает слои грунтов (лагунных глин, песков плотных и др.) сильно деформирующихся при нагрузках от сценарных землетрясений, хотя и без разжижения этих отложений.

На шельфе Черного моря, в пределах средней его подзоны в интервале глубин моря 30-80 м в верхней части части разреза динамически неустойчивыми являются супеси текучие [6]. Мощность слоя супесей колеблется от 0,2 до 4,5 м. Природная влажность супесей (W) изменяется от 33,7 до 37,8% при среднем значении – 34,5 %. Среднее значение коэффициента пористости (e) – 0,942, степени водонасыщения (S_r) – 1,00. Плотность (ρ) меняется от 1,87 до 1,89 г/см³ при среднем значении – 1,88 г/см³.

Показано, что в зону потери прочности при относительном ускорении $a = 0,20 \text{ g}$ ($I = 8$ баллов) попадают супеси со степенью плотности $I_d < 0,50$. Сейсмические колебания меньшей интенсивности ($a = 0,1 \text{ g}$, $I = 7$ баллов) для грунтов с $I_d > 0,50$ не приводят к потере устойчивости супесей в течение принятого интервала времени воздействия.

Установлено, что массовые разрушения и деформации зданий и сооружений, возведенных на слабых динамически неустойчивых грунтах, обусловлены не только и не столько уровнем сейсмических воздействий, сколько эффектом разжижения или значительными остаточными деформациями пород [1, 8].

ООО «Питер Газ» в 2013 г. выполнил инженерные изыскания для строительства базы берегового обеспечения в порту г. Темрюк (рис. 1). Полевым работам предшествовал сбор и анализ фондовых материалов изысканий, выполненных в период с 1994 г. по 2005 г. в районе порта, а также данных о местном опыте строительства портовых сооружений на слабых грунтах [5,6].

Анализ материалов изысканий прошлых лет показал, что практически во всех технических отчетах отсутствуют оценки возможности разжижения песчаных грунтов залегающих в диапазоне глубин 16-23 м, которые в ряде технических отчетов рекомендуют использовать в качестве естественных оснований свай.

Порт Темрюк расположен на восточном побережье Азовского моря, в районе современной дельты р. Кубань. По геоморфологическому районированию дельта Кубани входит в область Кубанской равнины, в ее аллювиальный район. Аккумулятивное тело дельты характеризуется значительной фациальной изменчивостью слагающих ее отложений, в составе которых кроме аллювиальных песков и суглинков, присутствуют лиманные илы и алевролиты, а также озерно-пойменные торфы [2]. С северо-восточной стороны дельту Кубани ограничивает Ахтарская морская терраса, а на юге Курчанская возвышенность. Абсолютные отметки поверхности на площадке строительства изменяются от -0,70 до 3,77 м.

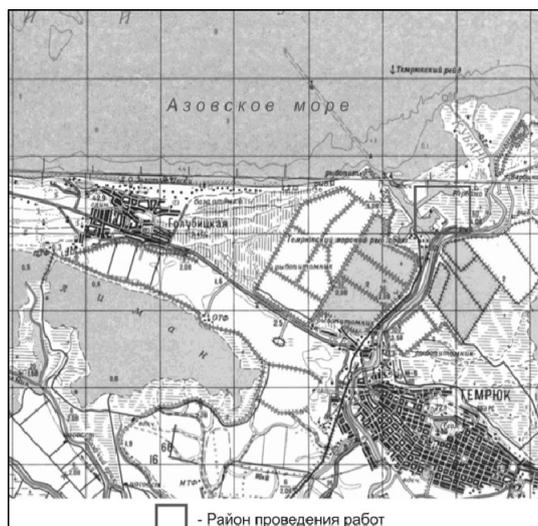


Рис. 1. Обзорная карта района работ

Геологический разрез строительной площадки до разведанной глубины (50 м) представлен комплексом голоценовых лиманных, аллювиальных, озерно-болотных, субэаральных и нерасчлененных неогеновых (переслаивание песков, суглинков и глин) отложений. Установившийся уровень подземных вод 0,0-1,9 м.

Объект планируемого строительства расположен в районах с исходной сейсмичностью 7-9 баллов для периодов повторяемости $T = 500-5000$ лет [10]. Расчеты приращения сейсмической интенсивности, выполненные в рамках сейсмического микрорайонирования (СМР) площадки строительства показали, что максимальные сейсмические воздействия (a) здесь не должны превышать $0,36 g$ ($I = 8, 8$ баллов).

Значения скоростей поперечных волн (V_s) по данным сейсморазведки КМПВ в слабых водонасыщенных грунтах в интервале глубин 0-20 м составляет 116-240 м/с, что свидетельствует о возможности разжижения и течения грунтов, залегающих в верхней части разреза при землетрясении интенсивностью более 6 баллов [10].

С целью оценки сейсмической разжижаемости грунтов площадки строительства были проведены экспериментальные исследования на образцах, отобранных в диапазоне глубин 2,2-19,5 м. Всего было изучено 13 образцов отобранных из следующих разновидностей дисперсных грунтов: песок мелкий однородный, супесь пластичная песчанистая, суглинок мягкопластичный тяжёлый пылеватый, глина текучепластичная тяжелая, глина текучая тяжелая, глина тяжелая текучепластичная с примесью органических веществ, глина мягкопластичная с примесью органических веществ. Параметры землетрясения были приняты в соответствии с результатами СМР: интенсивность сейсмического воздействия $I=9$ баллов по шкале MSK-64 (при округлении до целочисленных значений балльности).

Лабораторные испытания проводились в геотехнической лаборатории ОАО «МОСТДОРГЕОТРЕСТ» с использованием сервогидравлического циклического стабилометра «Wille GeoTechnik 13-HG» (рис. 2). Определение параметров сейсмического разжижения осуществлялось в соответствии со стандартом предприятия ОАО «МОСТДОРГЕОТРЕСТ», разработанном согласно требованиям ASTM D5311-96 [11].



Рис. 2. Сервогидравлическая стабилометрическая установка Wille GeoTechnik 13-HG/020:001 (Германия)

Все выделенные разновидности грунтов характеризуются достаточно высокими значениями относительного порового давления PPR (0,57-0,94), полученными в ходе проведения циклических трехосных испытаний (таблица). Траектория нагружения в плоскости эффективных октаэдрических напряжений для всех испытанных грунтов проходит на достаточном удалении от начала координат. Выраженного расширения спектра отклика сейсмоосциллятора в процессе проведения испытаний зафиксировано не было. Максимальная относительная вертикальная деформация испытуемых грунтов, накопленная к моменту завершения последнего расчетного цикла вынужденных колебаний, в ряде случаев превышает значения 0,10.

Таблица

**Результаты лабораторных испытаний разжижаемости грунтов
при циклических воздействиях**

Глубина отбора, м	Разновидность грунтов	Эффективное боковое напряжение σ_3 , кПа	Эффективное осевое напряжение σ_1 , кПа	Циклическое напряжение сдвигу, τ_a , кПа	Относительное поровое давление, PPR_{max}	Осевая деформация, ε_{max} , д. е.
2,3	Глина текучая, тяжелая	27	45	3	0,8930	0,097
2,2	Глина текучепластичная, тяжелая	26	43	3	0,8860	0,071
7,4	Глина текучепластичная, тяжелая	87	145	9	0,9270	0,113
9,2	Глина текучепластичная, тяжелая	108	180	11	0,8840	0,089
3,4	Глина текучепластичная, тяжелая	40	67	4	0,8680	0,074
8,5	Глина текучепластичная, тяжелая	100	167	10	0,8730	0,079
4,1	Глина текучепластичная, тяжелая	48	80	5	0,6890	0,090
14,2	Супесь пластичная песчанистая	167	278	16	0,7700	0,100
12,6	Глина мягкопластичная, лёгкая пылеватая	148,2	247	45,5	0,6450	0,119
19,5	Песок мелкий, однородный	229,3	382,2	66,2	0,6420	0,125
5,5	Суглинок мягкопластичный, тяжелый пылеватый	64,7	107,8	21,1	0,9460	0,144
9,0	Глина тяжелая, текучепластичная с примесью органических веществ	106	176	11	0,5720	0,124
7,5	Глина мягкопластичная с примесью органических веществ	88	147	9	0,6460	0,122

Обращает на себя внимание аномально высокое значение накопленной деформации суглинков мягкопластичных тяжелых пылеватых, составляющее 0,144, при относительно высоком значении относительного порового давления, равного 0,946. Эти факты свидетельствуют о том, что данный грунт наиболее чувствителен к динамическому воздействию. По критерию PPR он максимально приближен к верхней условной границе динамической устойчивости грунтов ($PPR = 0,95$) [11]. О некотором запасе динамической устойчивости при сценарном землетрясении с $M = 7,5$ можно судить только по форме кривой нагружения в октаэдрических координатах, не доходящей на послед-

них циклах до начала координат. Тем не менее, при проектировании объекта следует уделять особое внимание указанным грунтам в случае их использования в качестве основания.

Как видно из таблицы значительно деформируются при сценарном землетрясении также глины, обогащенные органическими веществами ($\varepsilon_{\max} = 0,124$) и пески мелкие ($\varepsilon_{\max} = 0,125$) залегающие на твердых и полутвердых неогеновых глинах (N_2).

Анализ траекторий нагружения, полученных в процессе выполнения данной серии опытов, свидетельствует об отсутствии явно выраженной инверсии эффективных напряжений в процессе циклического нагружения, что свидетельствует о малой вероятности возникновения растягивающих напряжений в ходе сейсмического воздействия.

Резюмируя вышеприведенные факты, можно сделать вывод о том, что исследуемые грунты в целом можно квалифицировать как условно динамически устойчивые. Тем не менее, учитывая значительную деформируемость отдельных разновидностей грунтов при сейсмических событиях с максимально возможной в регионе магнитудой 7,5 рекомендуется при строительстве ответственных портовых сооружений использовать свайные фундаменты, заглубляя сваи в неогеновые глины.

Литература

1. *Алешин А.С.* Сейсмическое микрорайонирование особо ответственных объектов. М.: Светоч Плюс, 2010. 304 с.
2. *Болховская Н.С., Поротов А.В., Кайтамба М. Д., Фаустов А.А.* Развитие природной среды и климата на территории черноморской дельты Кубани в последние 7 тысяч лет // Вест. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2014. №1. С. 64-74.
3. *Вознесенский Е.А., Кушнарёва Е.С., Фунникова В.В.* Сейсмическая устойчивость грунтов на участках размещения сооружений Олимпиады-2014 в пределах Имеретинской низменности // Геотехника. 2012. № 1. С. 4-17.
4. *Корчагин Е.А., Сахненко М.А., Степанян Г.А.* Технология закрепления грунта и эксплуатация транспортных сооружений на слабых основаниях // Речной транспорт (XXI век). 2013. №4. С. 66-69.
5. *Корчагин Е.А., Сахненко М.А., Степанян Г.А.* Строительство причалов на слабых грунтах основания с искусственно улучшенными физико-механическими характеристиками // Вестник МГСУ. 2013. № 8. С. 68-77.
6. *Кутергин В.Н., Панков К. В., Фролов С. И., Святкина В. И.* Нормы и методы оценки поведения грунтов при циклических нагрузках // Сергеевские чтения. Научное обоснование актуализации нормативных документов инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий. Выпуск 12. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблеме геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (23-24 марта 2010 г.). М.: РУДН, 2010. С. 372-378.
7. *Кушнарёва Е.С., Вознесенский Е.А.* Оценка сейсмической устойчивости песчано-глинистых грунтов Нимфейской морской террасы (г. Анапа) // Инженерная геология. 2008. №4. С. 54-62.
8. *Миндель И.Г., Севостьянов В.В., Трифонов Б.А., Рагозин Н.А.* Особенности реакции слабых водонасыщенных грунтов на динамические воздействия при землетрясениях // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2014. № 5. С. 387-401.

9. *Озмидов О.Р.* Оценка риска сейсмического разжижения грунтов геологического основания объектов олимпийского строительства в г. Сочи. Вестник РАЕН. 2014. №1. С. 48- 54.
10. СП 14.13330.2011. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*. М., 2011.
11. ASTM 5311-96. Standard test methods for load controlled cyclic triaxial strength of soil. USA: ASTM, 2000.

О МОДЕЛИРОВАНИИ ИЗМЕНЕНИИ СВОЙСТВ ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ В ПРОГНОСТИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ

Т.П. Мокрицкая

*Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара,
49050 Украина, Днепропетровск, пр. Гагарина, 72. E-mail: mokritska@i.ua

Введение. Изучение материалов инженерно-геологических исследований (20-е гг. XX в. – первое десятилетие XXI в.), выполненных на территории городов Приднепровского промышленного региона Украины, показало, что состав, свойства лессовых грунтов существенно изменились [3]. Закономерности этих изменений, в условиях влияния множества природно-техногенных факторов, подчинены общей тенденции – переходу к посттехногенному (хаотическому) состоянию. Мониторинг геологической среды в городах, будучи сложной системой, включает подсистему мониторинга грунтов [1]. Создание постоянно-действующей модели с прогностическими функциями – процедура, необходимая для функционирования системы, для оптимального выбора управляющих решений на основании подтвержденных закономерностей с заданными начальными условиями при определенном характере развития событий.

В данной работе представлены выборочные результаты создания прогностических моделей деградации свойств просадочных грунтов на основании анализа материалов инженерно-геологических исследований, выполненных на территории одного из жилого массива «Тополь» г. Днепропетровска.

Методика исследований. Привлечено авторское программное обеспечение [2], *trial*-версия ПО “STATISTICA”. Последовательность создания прогностической модели описывается общим алгоритмом: на первом этапе выполняются сбор, систематизация, первичный анализ материалов. Установление закономерностей изменений состава и свойств грунтов выполняется по результатам анализа моделей связи прогнозных реакций и факторных переменных методами стохастического анализа и группового учета аргументов. Задание различных вариантов развития событий (аварийное «мгновенное» или длительное повышение влажности, характер изменения свойств) обеспечивает выбор оптимального сценария. Прогнозные модели созданы методом группового учета аргументов.

Основные результаты исследований. Значения просадочности зависят от генезиса, состояния и степени техногенной нарушенности горизонта [4]. В качестве факторных переменных были выбраны показатели физического состояния грунта, характеристики пластичности, координаты, содержание отдельных фракций. Выбор конкретной фракции гранулометрического состава, как фактора относительной просадочности, требует обоснования.

Поиск оптимальных моделей, связывающих гранулометрический состав и относительную просадочность верхнего причерноморско-дофиновского субаэрального лессового горизонта, выполнялся перебором возможных вариантов указанной связи. В качестве факторных переменных задавались значения глубины отбора, пределов пластичности, природной плотности и влажности, плотности частиц грунта и одной из фракций. На втором этапе выбирались варианты моделей, наиболее точно описывающие связь. В результате анализа детерминированных компонентов моделей, при первом варианте задания переменных был обоснован выбор содержаний крупных и тонких фракций как факторов дисперсности, влияющих на значения относительной просадочности. Во всем интервале давлений фактором относительной просадочности является содержание фракции 0,05-0,1 мм. При давлении, близком к природному, фактором оказалось содержание фракции 0,1-0,25 мм, а на ступени 0,3 МПа – наибольшее влияние оказывают тонкие фракции. Выводы о составе факторных переменных подтверждают результаты ранее выполненных исследований [2].

Таблица 1

Коэффициенты линейных компонентов моделей связи относительной просадочности причерноморско-дофиновского горизонта и ее факторных переменных

Факторные переменные						Давление, МПа
ω_p	ω	ρ	R 0,05	R 0,005	RL0,005	
-0,004	0,002	+	0,001	+	0,002	0,1
0,054		-0,009	+	+	0,003	0,15
0,124		-0,017	+	+	0,006	0,2
0,077		-0,012	+	+	0,008	0,25
0,100	-0,001	-0,035	-0,002		0,027	0,3

Примечания (к табл. 1, 2): Z – глубина, м; ω_L , ω_p – пределы пластичности, д. ед.; ω – природная влажность грунта, д. ед.; ρ_s , ρ – плотность частиц грунта и грунта, г/см³; R – содержание фракции гранулометрического состава 0,1 – 0,25 мм (R 0,1); 0,05-0,1 мм (R 0,05); 0,01-0,05 мм; 0,005-0,01 мм (R 0,005); менее 0,005 мм ($RL0,005$); ε_{SL} – относительная просадочность в интервале давлений 0,05-0,3 МПа. Давление, МПа – давление, при котором определены значения относительной просадочности ε_{SL} .

Анализ компонентов моделей (табл. 1) показал, что при увеличении давления роль детерминированной компоненты модели, характеризующей влияние глинистых частиц (фактора относительной просадочности), последовательно увеличивается. Влияние содержания фракции 0,05-0,1 мм и плотно-

сти грунта на значения относительной просадочности изменяется до противоположного, по мере роста давления, что может быть связано с преодолением структурной прочности.

Анализ моделей, связывающих относительную просадочность верхнеплейстоценовых горизонтов (причерноморско-дофиновского и бугского) с изменяющимися показателями физического состояния и фракций привел к следующим выводам.

Детерминизм связи выражен лучше в моделях зависимости относительной просадочности от содержания фракций частиц размерами менее 0,005 мм и 0,25 – 0,1 мм (табл. 2).

Изменение содержаний тонких (менее 0,005 мм) и крупных (0,25-0,1 мм и 0,1-0,05 мм) фракций в наибольшей степени влияет на просадочность на ступени давления 0,1 МПа. На этой ступени изменяется знак при линейном члене модели связи просадочности при давлении 0,05 МПа и содержания тонких фракций. Значение коэффициента детерминированной компоненты очень велико в модели связи содержания фракции 0,25-0,1 мм и относительной просадочности при давлении 0,1 МПа. На других ступенях давления подобные модели линейной компоненты не содержат.

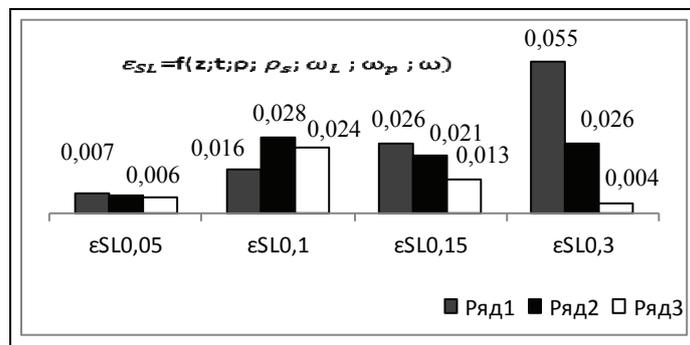
Таблица 2

Коэффициенты при линейных компонентах моделей связи относительной просадочности верхнеплейстоценовых горизонтов от факторных переменных

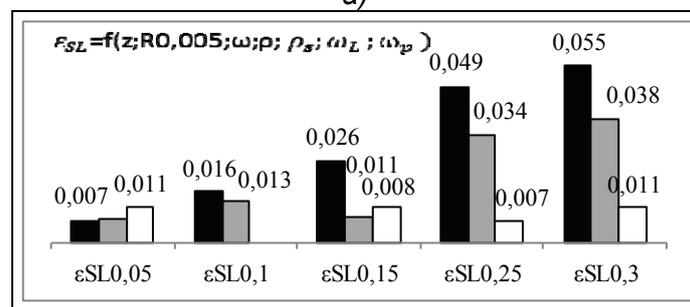
Давление, МПа	Фракция, мм	Факторные переменные							
		t	Z	ω_L	ω	ρ_s	ρ	R	
0,1	< 0,005			0,21	-0,002	-0,013		-0,001	
	0,25-0,1	1		-40796	695		-3138	-33973	
0,15	< 0,005				-16	57	-29	3	
0,2				-0,002	0,01	0,004		0,004	
0,25			0,002		0,015	0,032	0,008		
0,3						0,002	0,008	0,005	0,004

Прогнозные модели относительной просадочности были получены в предположении, что изменение влажности на 30% и 60% приведет к соответствующему изменению показателей состояния и дисперсности и, как следствие, к изменению относительной просадочности.

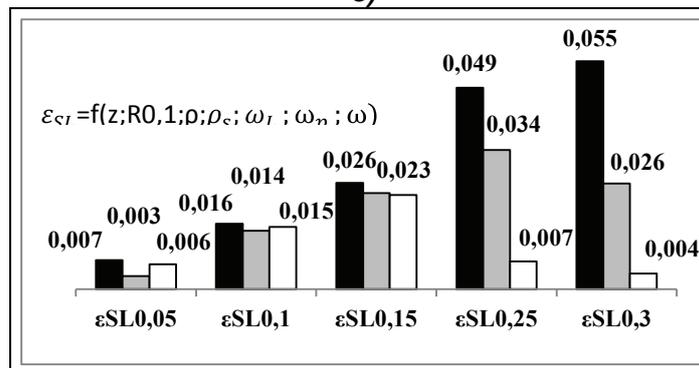
Возможно «мгновенное» или «длительное» изменение свойств, во втором случае необходимо задание факторной переменной – время t , год. Результаты прогноза приведены на рис. 1. Изменение физического состояния, физико-химических свойств во времени, не сопровождающееся изменением дисперсности, показывает, что наибольшие изменения произойдут в зоне влияния зданий и сооружений, а наименьшие – вне зон влияния (рис. 1, а). Выполнен краткосрочный прогноз, на момент времени через один год после окончания наблюдений, так как метод группового учета аргументов дает наиболее точные результаты при краткосрочном прогнозе.



а)



б)



в)

Рис. 1. Прогнозные значения относительной просадочности верхнеплейстоценовых лессовых горизонтов:

а) Прогнозные значения относительной просадочности через год после окончания наблюдений, рассчитанные при разных состояниях грунта (по влажности, плотности, консистенции).

б, в) Прогнозные значения относительной просадочности при разном физическом состоянии и дисперсности грунта.

Примечание к рис. 1: $\varepsilon_{SL0,05}$ – относительная просадочность, определенная при давлении 0,05 МПа. Ряд 1 – начальное состояние; ряд 2 – повышение влажности на 30 %, изменения показателей физического состояния и дисперсности; ряд 3 – то же, повышение влажности составило 60 %.

В статических прогнозных моделях высокая сходимость прогнозных значений относительной просадочности наблюдается на ступенях давления 0,1 и 0,25 МПа (рис. 1 б, в).

Выводы:

– использование метода группового учета аргументов позволяет выполнить содержательную интерпретацию факторов, влияющих на состояние грунта, создать прогнозные модели, отражающие длительные и мгновенные техногенные воздействия;

– изменения относительной просадочности как результат сопряженных изменений дисперсности и физического состояния, выражены на определенных ступенях давления.

Литература

1. *Королев В.А.* Мониторинг геологической среды. М.: МГУ, 1995.
2. *Mokritskaya T.P., Koriashkina L.S.* Degradation in loesses factors and models//Scientific Bulletin of National Mining University, 2013.
3. *Мокрицкая Т.П., Ряценок Т.Г., Акулова В.В., Самойлич К.А.* Микроструктура лессовых отложений Среднего Приднепровья на примере днепровского горизонта (г. Днепропетровск)// Problems and experience of the engineering protection of the urbanized territories and safeguarding of the heritage under condition of the geo – ecological risk. Kiev, 2013.
4. *Ряценок Т.Г., Акулова В.В.* Грунты юга Восточной Сибири и Монголии. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1998.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ
КЕРНОСКОПИИ НА ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЛНАХ
ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ**

В.В. Несынов

ИГЭ РАН, Москва, ул. Николаямская, д. 51, стр. 1. E-mail: nvv_guest@mail.ru

В современном строительстве крайне важную роль играют изыскательские работы. От их полноты и качества зависит как стоимость самого строительства, так и продолжительность безопасной эксплуатации самого сооружения. Не последнюю роль здесь играют различные геофизические исследования, в частности, инженерно-сейсмические исследования. Территория Российской Федерации в плане сейсмической опасности неоднородна. Современные технологии сейсмостойкого строительства позволяют сейчас возводить сооружения в местах, в которых раньше это не делалось. И зачастую

требуется строительство объектов повышенной ответственности и опасности, таких как высотные здания, нефтехранилища, протяженные мостовые переходы, нефте- и газопроводы, водохранилища и другие подобные им объекты. В таких условиях результаты инженерно-сейсмических изысканий уже являются определяющими как при выборе места строительства, так и при проектировании сооружения.

Одним из таких комплексов инженерно-геофизических методов является сейсмическое микрорайонирование (СМР). Одной из целей сейсмического микрорайонирования является прогноз изменения сейсмических воздействий на территории исследуемого объекта в зависимости от грунтовых условий. Для этого используются следующие методы: метод инженерно-геологических аналогий, метод сейсмических жесткостей (МСЖ), метод регистрации микросейсм, метод расчета амплитудно-частотных характеристик толщ грунтов по специальным программам на ЭВМ (расчетный метод). Для расчетного метода и МСЖ необходимо знать значения скоростей продольных и поперечных сейсмических волн и положение сейсмических границ на глубине. Для этих целей могут использоваться различные геофизические методы, как наземные, так и скважинные [1]. Современные реалии таковы, что стало активно использоваться и подземное пространство. И требуется спрогнозировать изменений сейсмических воздействий не только на поверхности и в приповерхностном слое, но и на глубине. Моделирование процессов прохождения сейсмических волн в земной толще требует уже более точного определения скоростных и прочностных характеристик горных пород. Классические наземные и скважинные геофизические методы не всегда дают возможность точной дифференциации пород по их скоростным характеристикам. Требуется использовать информацию других методов инженерно-геологических изысканий. Одним из таких методов является инженерно-геологическое бурение с отбором керна. Получаемая информация является необходимой для интерпретации геофизических данных. Однако перечисленные ранее проблемы требуют применения дополнительных методов для получения еще большего количества информации. Одним из таких методов является ультразвуковая керноскопия. Суть метода заключается в определении скоростей прохождения ультразвуковых волн в исследуемом образце керна. Получаемые скорости соизмеримы со скоростями прохождения сейсмических колебаний и могут использоваться для более точной привязки скоростных границ по глубине. Также еще несомненным достоинством является то, что данный метод относится к группе методов неразрушающего контроля. При дефиците керна это неоспоримое преимущество. А совместное использование данной методики и лабораторных исследований керна позволяет получать корреляционные зависимости между скоростями прохождения ультразвука и исследуемыми параметрами. В дальнейшем это может позволить оперативно определять исследуемый параметр только по данным ультразвуковой керноскопии.

К сожалению, отечественная промышленность не выпускает узкоспециализированных чисто геофизических приборов. Приходится приспособлять имеющееся в наличии оборудование, зачастую не предназначенное для

этих целей. В свое время использовался прибор для поиска неоднородностей кабельных линий Р5-5, который после переделки превращали в ультразвуковой измеритель. Данный аппарат имеет заслуженную славу как простой и надежный прибор. Но сейчас он уже не выпускается и морально устарел. И поэтому возникла проблема его замены. Выбор пал на ультразвуковые дефектоскопы и ультразвуковые определители прочности бетона и других строительных материалов. Дефектоскопы для металла оказались не применимы для прозвучивания горных пород, так как рабочие частоты ультразвука у них составляют от единиц до десятков мегагерц и имеют сильное затухание в образцах. Путем экспериментальных измерений с аппаратурой разных производителей установлено, что наиболее удачным для использования является ультразвуковой дефектоскоп «Пульсар-1.2» (сейчас выпускается более современная модель – «Пульсар-2.2») производства НПП «Интерприбор» (г. Челябинск). Многолетняя его эксплуатация показала правильность нашего выбора. Внешний вид прибора представлен на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид ультразвукового дефектоскопа по бетону «Пульсар-2.2» (<http://www.interpribor.ru/pulsar12.php>).



Рис. 2. Внешний вид ультразвуковых преобразователей для возбуждения и приема поперечных волн (<http://www.acsys.ru/production/detail/s1802/>)

В процессе проводимых работ постоянно возникает необходимость определения и некоторых прочностных характеристик горных пород (например, динамический модуль сдвига). А для этого необходимо кроме определения скоростей продольных волн еще и определение скоростей поперечных волн. В этом случае возникают определенные трудности. Подавляющее большинство существующих излучателей ультразвука являются излучателями продольных волн, так как для целей дефектоскопии их вполне достаточно. Вследствие этого излучатели поперечных волн часто делают на заказ и под конкретный тип приборов. Поэтому излучатели подбирались экспериментальным образом. В данный момент применяются излучатели поперечных ультразвуковых волн фирмы «Акустические контрольные системы» (г. Москва). Их внешний вид представлен на рис. 2.

В процессе работы мы столкнулись со следующими трудностями. Прежде всего, это определение момента первого вступления поперечной волны. Определение времени прихода продольной волны большой сложности не представляет и определяется прибором автоматически, что показано на рис. 3.

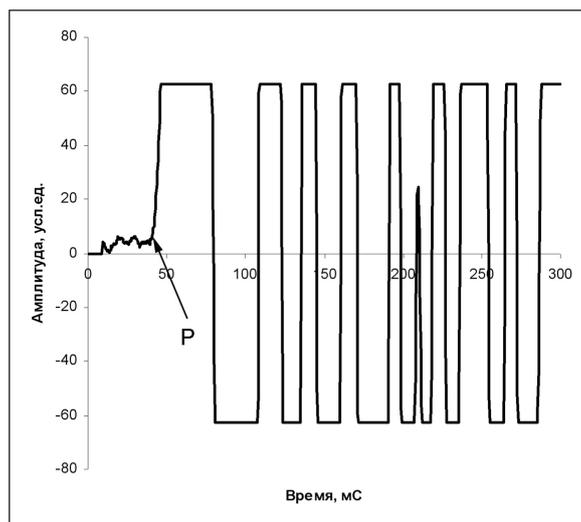


Рис. 3. Пример графика сигнала при регистрации продольной ультразвуковой волны датчиками продольной волны

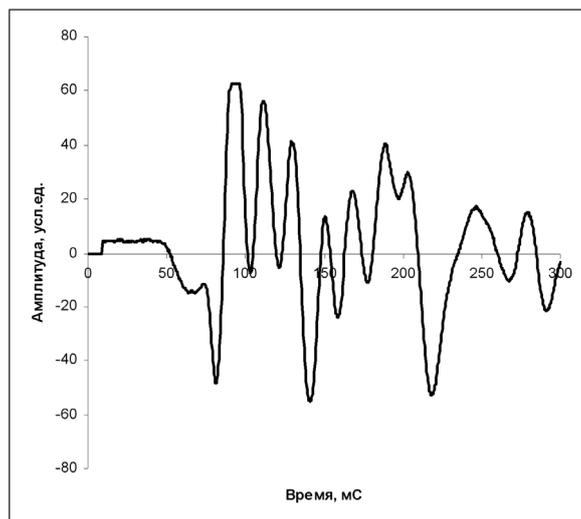


Рис. 4. Пример графика сигнала при регистрации поперечной ультразвуковой волны датчиками поперечной волны

С поперечной волной гораздо сложнее. Так как она приходит позже, то момент вступления уже осложнен различными помехами, типа последующих вступлений продольной волны, отражений от граней образца, обменными волнами. Также частотный диапазон этой волны ниже, чем у продольной, фронт импульса более пологий и растянутый во времени, что хорошо показано на рис. 4.

Для более точного определения момента прихода поперечной волны был предложен следующий методический ход: сначала производится замер при одном положении датчиков, а затем повторный замер при повороте одного из датчиков на 180 градусов. Датчики должны располагаться на одной линии и плоскости колебаний протекторов должны быть параллельны. При такой смене положения излучателей полярность регистрируемого сигнала меняется на противоположную, что является одним из признаков регистрации прихода поперечной волны. При последующей компьютерной обработке эти две записи сигналов отображаются в виде единого графика, пример которого приведен на рис. 5.

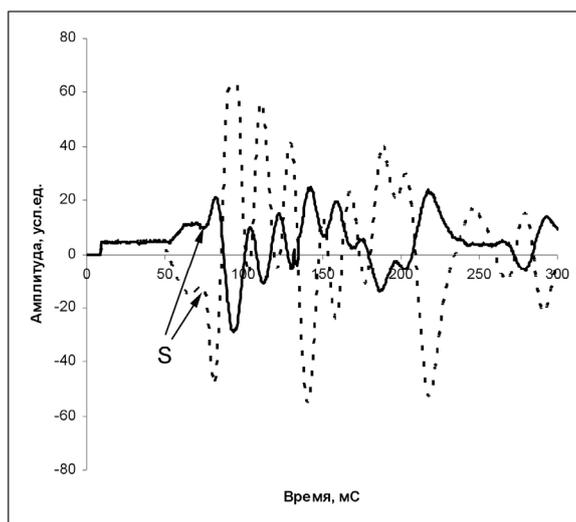


Рис. 5. Пример графиков сигналов при регистрации поперечной ультразвуковой волны датчиками поперечной волны и последующем их наложении

К сожалению, такая установка хорошо работает только на прочных образцах наподобие известняков или мергелей. Возможно получение сигнала на твердых глинах типа черных юрских. В случаях измерения на образцах пластичных глин и суглинков результат неудовлетворительный. Это обусловлено конструкцией самих излучателей: они предназначены для работы с сухим точечным прижимом и в следствие этого площадь акустического контакта составляет несколько миллиметров. Большая часть энергии излучения теря-

ется в зоне деформации образца излучателем датчика. Также в таких породах повышенное затухание ультразвука. Для таких условий эффективны установки на основе биморфных излучателей изгибного типа (бендер-элементов). Они успешно применяются в некоторых моделях стабилметров. Планируется разработка и такой установки. Это позволит проводить измерения на грунтах всех типов без перечисленных ранее ограничений.

Литература

1. Несынов В.В., Кауркин М.Д., Андреев Д.О. Изучение сейсмических свойств грунтов на площадке Кольской АЭС. Тезисы доклада на XV международной молодежной научной конференции «СЕВЕРГЕОЭКОТЕХ-2014». УГТУ. г. Ухта. 2014.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ИХ ОБЪЁМНОМ НАГРУЖЕНИИ (ПАСПОРТ ПРОЧНОСТИ)

Б.К. Норель, Ю.А. Боровков

ФГУП «ННЦ ГП ИГД им. А.А., Скочинского», Московская обл., г. Люберцы.

E-mail: igd@igds.ru

МГРИ-РГГРУ, Москва 117997, ул. Миклухо-Маклая, 23. E-mail: msgpa@msgpa.edu.ru

Развитие физических представлений о горных процессах и об основах механики горных пород рассматривается в разработке методов физического и механического моделирования в лабораторных и шахтных условиях, и теоретические исследования в механике сплошных сред и в геомеханике.

Довольно часто эти направления пересекаются. Для описания напряженно-деформированного состояния горного массива вблизи горных выработок представляется необходимым использование визуальных натуральных наблюдений, привлечение аналитических разработок при решении задач горного давления и правильного выбора физико-механических и прочностных свойств горных пород. Однако сочетание таких факторов удаётся получить достаточно редко, поэтому приходится использовать значительное число допущений, что не идёт на пользу решениям поставленных геомеханических задач.

До настоящего времени учёные проявляют значительный интерес к критериальным условиям текучести и разрушения горных пород и строительных материалов. А.Надаи в заключение к известной монографии [2] отмечал, что «дальнейшие пути исследований закономерностей появления оги-

бающей к поверхности разрушения могут основываться на использовании уравнения поверхности текучести»:

$$f(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3) = 0, \quad (1)$$

и на рассмотрении ее (функции) возможного вида. Отечественными исследователями привлекаются положения о стационарных состояниях и движениях породного массива, обоснованные сотрудниками Института физики Земли [5,6], Института проблем механики [8-10], а также такими крупными учёными как академики С.А. Христианович, Е.И. Шемякин, Г.П. Черепанов и другие известные геомеханики (В.Н. Родионов, И.В. Баклашов, А.Д. Алексеев [1] и т.д.). Физически обоснованная картина взаимодействия различных зон породного массива представлена в известной монографии В.Н. Родионова и др. [5]. «Породный массив постоянно участвует в деформационных процессах. Массив находится в механически неравновесном состоянии и непрерывно получает и дистанцирует механическую энергию. Механическая энергия сохраняется вследствие равенства подвода энергии извне и её дистанцирования». Энергетическая схематизация процессов изменения механического состояния пород массива вблизи горных выработок предлагалась также в работах сотрудников ИГД им. А.А. Скочинского [3]. В большом числе теоретических работ С.А. Христиановича, Е.И. Шемякина по пластичности [8-13], а также академика А.Ю. Ишлинского, кроме теоретических исследований по механике сплошных сред уделялось внимание деформированию и разрушению горных пород с различными свойствами.

Е.И. Шемякин в развитие вида функции (1) ввёл новую группу инвариантов, описывающих напряженно-деформированное состояние горного массива и вместо триэдра главных направлений с тремя главными напряжениями:

$$\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3, \quad (2)$$

предложил рассмотреть новые три инварианта:

$$\sigma = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}; \sigma_i = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}; \mu_\sigma = \frac{2\sigma_2 - \sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 - \sigma_3}, \quad (3)$$

где T – максимальное касательное напряжение; σ_n – среднее значение двух напряжений; μ_σ – известный параметр Надаи. Отметим, что Е.И. Шемякин [11,12], по-видимому, впервые предложил синтетическую теорию прочности и новый паспорт прочности трехосного напряженного состояния. Кстати, уравнение предельной поверхности разрушения функции F :

$$F(\sigma; T; \mu_\sigma) = K^*, \quad (4)$$

где $\sigma = \sigma_{\tilde{n}\delta}$, K^* – критерий прочности, предложено Л.М Качановым [8] примерно в одно и то же время с Е.И. Шемякиным.

В механических и прочностных моделях механически сплошных сред обычно связываются параметры физической функции состояния [7] и комплекс параметров предельной поверхности разрушения для сложного напряженного состояния.

Используя данные механических испытаний углей марки «Т» в объёмном напряженном состоянии, отметим построение предельной поверхности прочности (паспорт прочности) с расширенными энергетическими показателями.

Вначале, с использованием данных стандартных механических испытаний горных пород в объёмном напряженном состоянии, определим механические характеристики – модуль сдвига G и объёмный модуль K (физические показатели связи между компонентами поля напряжений и компонентами поля деформаций) в форме:

$$G = \frac{\tau_{окт}}{2\gamma_{окт}}; K = \frac{\sigma_{ср}}{3\varepsilon_{ср}}, \quad (5)$$

где $\sigma_{ср} = \frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)$; $\varepsilon_{ср} = \frac{1}{3}(\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3)$;

$$\tau_{окт} = \frac{1}{3}\sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2};$$

$$\gamma_{окт} = \frac{2}{3}\sqrt{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_1 - \varepsilon_3)^2}$$

На основании полученных величин рассчитываем величины потенциальной энергии формоизменения W_φ , величины потенциальной энергии изменения объёма W_o , величины суммарной потенциальной энергии W_Σ :

$$W_\varphi = \frac{\tau_{окт}^2}{2G}; W_o = \frac{\sigma_{ср}^2}{2K}; W_\Sigma = \frac{1}{2}(\sigma_1\varepsilon_1 + \sigma_2\varepsilon_2 + \sigma_3\varepsilon_3), \quad (6)$$

По представленным результатам механических испытаний выполняем построение предельной поверхности разрушения с предельной функцией состояния вида:

$$W_\Sigma^* = F(W_\varphi^*, W_o^*, \mu_\sigma), \quad (7)$$

В связи с этим предельная поверхность прочности углей в объёмном напряженном состоянии (паспорт прочности) принимает следующий геометрический вид (рис. 1).

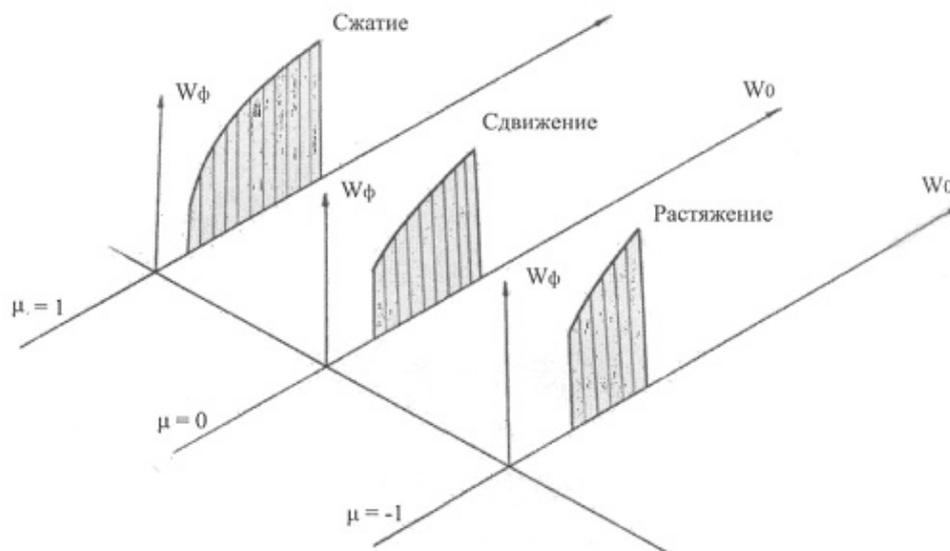


Рис. 1. Предельная поверхность прочности углей паспорт прочности марки «Т» в объёмном напряженном состоянии

Паспорт прочности является не только геометрической интерпретацией энергетического критерия прочности углей в объёмном напряженном состоянии. Он также в определённой степени обобщает паспорт прочности Кулона-Мора-Прандтля для объёмного напряженного состояния углей и горных пород. На кривых пространственного паспорта прочности в координатах $W_\phi \div W_0$ определённым образом могут быть расположены результаты механических испытаний углей, горных пород и других материалов при одноосных и двухосных нагружениях. Так, на оси $\mu_\sigma = 1$ располагается точка одноосного сжатия ($\sigma_1 = \sigma_2 = 0, \sigma_3 < 0$), двухосного растяжения ($\sigma_1 = \sigma_2 = 0, \sigma_3 > 0$). На оси $\mu_\sigma = -1$ помещается точка одноосного растяжения ($\sigma_1 > 0, \sigma_2 = \sigma_3 = 0$), ($\sigma_1 = 0, \sigma_2 = \sigma_3 < 0$).

С научной точки зрения представляет интерес разрушение образцов, когда работа изменения объёма равна нулю. Можно теоретически предсказать, что это возможно при чистом сдвиге ($\mu_\sigma = 0, \sigma_2 = 0; \sigma_1 = -\sigma_3$), при совместном действии одноосного сжатия и двухосного растяжения ($\sigma_1 = \sigma_2 > 0; \sigma_3 < 0; \mu_\sigma = +1$) или одноосного растяжения и двухосного сжатия ($\mu_\sigma = -1; \sigma_1 > 0; \sigma_2 = \sigma_3 < 0$). Такие точки представляют собой граничные значения предельной поверхности прочности твёрдых тел в объёмном напряженном состоянии. Хотя условия нагружения на установке трёхосного неравнокомпонентного сжатия не позволяют реализовать такие режимы испы-

таний, осуществить прогноз результатов механических испытаний такого рода по кривым предельной прочности в пространственном случае оказывается возможным.

Так же как и в случае обобщённого растяжения, на установке трёхосного сжатия (УТНС) нельзя реализовать чистый сдвиг, т.е. вид напряженного состояния $\sigma_2=0$ и $\sigma_1=-\sigma_3$, поэтому при механических испытаниях на УТНС промежуточное главное напряжение σ_2 при $\mu_\sigma = 0$ всегда отлично от нуля ($\sigma_2 < 0$) и W_0 , (сдвиг) не принимает нулевого значения, отметим, что паспорт прочности горных пород с термодинамическими параметрами был предложен на одной из зарубежных конференций [4].

Литература

1. *Алексеев А.Д., Недодаев Н.В.* Предельное состояние горных пород. Киев: Наукови Думка, 1982. 200 с.
2. *Надаи А.* Пластичность и разрушение твердых тел. Т. 1. М.: Мир, 1969. 648 с.
3. *Норель Б.К.* Изменение механической прочности угольного пласта в массиве. М.: Наука, 1983. 127 с.
4. *Norel B.K.* Thermodynamic criterion of rock strength. Mechanics of jointed and faulted rock. Rotterdam: Balkema, 1990. P. 987-991.
5. *Родионов В.Н., Сизов И.А., Цветков В.М.* Основы геомеханики. Недра, 1986. 299 с.
6. *Родионов В.Н., Сизов И.А.* Модель твердого тела с диссипативной структурой для геомеханики (ФТПРПИ № 6, 1985. С. 5-17).
7. *Фрейденталь А. Р., Гейрингер Х.* Математические теории неупругой сплошной среды. М.: Физматгиз, 1962. 430 с.
8. *Христианович С.А.* Деформация упрочняющегося пластического материала // Изв. АН СССР. Механика твердого тела. 1974. № 2. С. 148-174.
9. *Христианович С.А., Кузнецов С.В.* О напряженном состоянии горного массива при проведении очистных работ // Горное давление. Л.: ВНИМИ, 1965. 59. С. 95-111.
10. *Христианович С.А., Шемякин Е.И.* К теории идеальной пластичности // Инж. жур. Мех. твер. Тела. 1967. 4. С. 86-97.
11. *Шемякин Е.И.* Синтетическая теория прочности. Томск: Физ.Мезомех, 1999. Т. 2. № 6. С. 63-69.
12. *Шемякин Е.И.* О паспорте прочности горных пород // Измерение напряжений в массиве горных пород. Новосибирск: Наука, СО АН СССР, 1974. С. 9-20.
13. *Шемякин Е.И.* Две задачи механики горных пород, связанные с освоением глубоких месторождений руды и угля. Новосибирск: ФТПРПИ, 1975. 6. С. 29-45.

ТЕХНОГЕННЫЕ ГРУНТЫ ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ

**Е.Н. Огородникова¹, С.К. Николаева², М.А. Нагорная³,
Е.П. Труфманова³**

¹ Экологический факультет Российского университета дружбы народов,
115093, Москва, Подольское ш., д. 8/5

² Геологический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова,
119899, Москва, Ленинские горы, д. 1. E-mail: sk.niko@geol.msu.ru

³ ЗАО «Раменский региональный экологический центр», Московская обл., г. Раменское,
ул. Нефтегазосъемка. E-mail: vik-mari@yandex.ru

Развитие городов и городского хозяйства приводит к активному воздействию человека на окружающую природную среду. Характер и степень воздействия связаны с историей города, ростом численности населения и объемов строительства, развитием промышленности, инфраструктуры и т.д. При этом наблюдаются следующие тенденции: 1) укрупнение городов, создание и развитие городских агломераций; 2) расширение отраслей и объемов строительства, разнообразие типов сооружений; 3) увеличение плотности застройки и величин статических и динамических нагрузок на грунты; 4) рост объемов промышленного производства; 5) развитие городского транспорта; 6) активная урбанизация подземного пространства. Эти изменения сопровождаются формированием техногенных грунтов [4, 5]. Техногенные грунты занимают значительные площади и формируют толщи, мощность которых колеблется от нескольких до десятков метров.

В пределах города инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания обычно определяются в основном крупномасштабными работами, которые не позволяют игнорировать контуры распространения массивов техногенных грунтов. Все вышесказанное заставляет задуматься об их специфике, изучении и систематизации.

В соответствии с ГОСТ 25100-2011 [3] в пределах селитебных территорий можно выделить техногенно образованные, техногенно переотложенные и техногенно измененные разности.

К **техногенно образованным** грунтам, встречающимся на территории города, относятся следующие.

Отходы промышленных производств (золы, шлаки, шламы, хвосты и пр.). Они формируют массивы (полигоны, склады, отвалы) или встречаются локально в составе свалочных тел. В последнее время становится принятым заменять «отходы» термином «побочные продукты», т.к. на промышленные предприятия налагаются огромные штрафы за производство «отходов». «Побочные продукты» воспринимаются как некая неизбежность и не имеют выраженного негативного значения.

Наземные покрытия дорог, площадей, улиц, аэродромов и пр. широко распространены на территориях городов, имеют иногда существенную мощность до 0,5-1 м и представляют собой слоистые образования сложного состава.

Грунты, химически модифицированные методами технической мелиорации, встречаются на территории практически любого современного города. Необходимость в целенаправленном создании таких грунтов обусловлена требованиями качества грунтов-материалов или надежности грунтов в основаниях сооружений. В этом классе рассматриваются грунты, которые претерпели коренное изменение своего состава, строения и свойств.

Грунты полигонов ТБО имеют локальное распространение, являются важным компонентом эколого-геологических систем окраинных территорий и пригородов.

Грунты свалок хозяйственно-бытовых и других отходов близки к вышеупомянутому типу, но более неблагоприятны в инженерно-геологическом и эколого-геологическом отношении, т.к. возникают и формируются бесконтрольно и в погребенном состоянии с поверхности не идентифицируются без применения специальных методов исследования.

Грунты с повышенным содержанием органических веществ особого состава (иловые осадки сточных вод и т.п.) собираются и подготавливаются для специального хранения, однако, фрагментарно сохраняются на территориях бывших полей фильтрации и пр.

Отходы разрушенных строительных материалов и конструкций, другой строительный мусор (мелкий и крупногабаритный) формируют строительные свалки. Эти специфические накопления массово образуются как последствия разбора завалов при разрушении зданий и сооружений в результате природных стихийных бедствий, техногенных катастроф, военных действий.

Грунты со строительным мусором, а также грунты со строительными и бытовыми отходами слагают многочисленные несанкционированные свалки, обычно погребенные. Содержание строительного и бытового мусора в них настолько существенно, что именно оно является определяющим при инженерно-геологической и эколого-геологической оценках.

Грунты культурного слоя являются уникальным образованием, запечатлевшим историю каждого города. Наиболее известный среди типов техногенных грунтов городских территорий.

Среди **техногенно переотложенных** разностей в пределах городских территорий и городских окраин можно выделить несколько типов.

Грунты насыпных и намывных территорий, земляных сооружений, песчаных подушек и пр. развиты очень широко. Их распространение может быть как площадным (намывные территории в Санкт-Петербурге, Омске, Киеве и др.), так и локальным (песчаные подушки в основании сооружений, дамбы). Во всех случаях это целенаправленно намывные или отсыпанные грунты преимущественно песчаного состава с заданными согласно разработанному проекту свойствами.

Грунты отвалов из подземных горных выработок и строительных котлованов неизбежно формируются при извлечении пород, их перемещении и складировании. В современных городах при большой плотности застройки образование отвалов грунтов происходит преимущественно на неудобьях – пониженных участках рельефа, пустырях городских окраин. Очень скоро они оказываются в пределах городской черты и осваиваются под новое строительство. На территории г. Москвы хорошо известны «метростроевские» отвалы, на которых нередко ведется массовое жилищное строительство (кварталы в Новых Черемушках, долине р. Сетунь и т.д.). От природных аналогов эти грунты отличаются строением, которое изменяется при нарушении сложения, и физико-механическими свойствами.

Грунты с примесью строительного мусора также выделяются среди переложенных насыпных грунтов, т.к. незначительная примесь строительных отходов не приводит к значимому изменению их инженерно-геологических свойств.

Распространение **техногенно измененных грунтов** в пределах городской застройки обычно связано с необходимостью увеличения несущей способности грунтового основания сооружений в связи с изменением этажности или сохранением зданий, представляющих историческую ценность. Решение этих задач связано с использованием методов технической мелиорации грунтов. К этому классу относятся:

Грунты, измененные физическим воздействием (механически уплотненные, осушенные, замороженные и пр.), весьма характерны для территории любого города. Хорошо известно, например, что на участках сплошной застройки, особенно в центральных, исторических частях городов, формируется обширная область уплотненных под действием веса зданий грунтов [2].

Грунты, измененные физико-химическим или химическим воздействием (инъекционно уплотненные и упрочненные, физико-химически осушенные, диспергированные и пр.), формируются на месте их залегания под влиянием целенаправленного или, наоборот, случайного внешнего воздействия.

Анализ имеющихся данных показывает, что техногенно образованные разности, распространенные на городской территории, требуют повышенного внимания с эколого-геологических позиций их изучения и оценки, а техногенно измененные грунты являются наименее изученными по сравнению с другими классами техногенных грунтов.

Авторами предложена инженерно-геологическая типизация **насыпных техногенных грунтов** городских территорий, выполненная на основе разработок Ф.В. Котлова [4], так как трудно учесть все многообразие техногенных грунтов, которые встречаются на территории города, и представить их в одном формате (таблице) без серьезного ущерба для читаемости, наглядности и пр. Насыпные грунты, разные по генезису, способу формирования, составу, наиболее широко представлены на городских территориях. Именно поэтому, например, у строителей и изыскателей до сих пор в ходу термин «насыпь» для обозначения массива техногенных грунтов.

Таблица

Типизация насыпных грунтов в пределах городских агломераций (фрагмент)

Тип	Вещественный состав	Инженерно-геологические особенности и распространение
<i>Подгруппа планомерно уложенные грунты, распространение локальное</i>		
Грунты насыпных территорий, земляных сооружений, песчаных подушек и пр. (ТП; ИС)	Крупнообломочные, песчаные, глинистые	Относительно однородные, плотного сложения, прочные, слабосжимаемые. Площадные, линейные, локальные
<i>Подгруппа планомерно отсыпанные грунты, распространение локальное</i>		
Грунты отвалов из подземных горных выработок и строительных котлованов (ТП; ИС)	Крупнообломочные, песчаные, глинистые	Относительно однородные или неоднородные по составу, строению и свойствам; самоуплотняющиеся и упрочняющиеся во времени в процессе слеживания.
Грунты полигонов твердых бытовых отходов (ТО, ХБ)	Пестрая свалочная смесь хозяйственно-бытовых отходов, послойно пересыпанных переотложенными грунтами	Неоднородные, с высоким содержанием органических веществ, разлагающиеся, слеживающиеся, с неудовлетворительными свойствами.
<i>Подгруппа стихийно и планомерно отсыпанные, распространение локальное</i>		
Отходы промышленных производств (ТО; П)	Шлаки, золы хвосты, формовочные земли, металлические, древесные, химические, текстильные и др. отходы	Неоднородные и относительно однородные. Свойства зависят от содержания компонентов, не стойких в зоне аэрации.
<i>Подгруппа: стихийно отсыпанные, распространение площадное</i>		
Грунты культурного слоя (ТО; ХБ, ИС)	Беспорядочное переслаивание переотложенных грунтов с включениями хозяйственно-бытовых и строительных отходов	Неоднородные, в основном слежавшиеся, с повышенным содержанием органических веществ, неудовлетворительными свойствами.

На основании обобщения имеющегося литературного и собственного материала на территориях городов можно выделить два **класса** по генезису насыпных техногенных грунтов. Это техногенные образованные (ТО) и техногенные переотложенные (ТП) грунты. **Группы** выделяются по источникам формирования (или видам деятельности человека), которые привели к образованию техногенных грунтов: инженерно-строительные (ИС); промышленные (П); хозяйственно-бытовые (ХБ). **Подгруппы** определяются технологией образования насыпных грунтов: планомерно (специально) уложенные; планомерно отсыпанные; стихийно и планомерно отсыпанные (смешанные); стихийно отсыпанные. Последний таксон в этой систематике – **тип**, определяющий название грунтов. Всего выделено 11 основных типов техногенных на-

сыпных грунтов, встречающихся в городах, указаны их генезис и источники формирования. Часто грунты одного типа имеют два или три источника формирования. В качестве характеристики типа грунтов даются сведения об их вещественном составе, а также о распространении и инженерно-геологических особенностях. Фрагмент предлагаемой классификации представлен в таблице. В будущем авторы надеются совершенствовать типизацию, возможно с использованием количественных данных и критериев.

При инженерно-геологической и эколого-геологической оценке насыпных грунтов часто определяющими критериями становятся газогеохимические показатели [1]. Поэтому наряду с дисперсностью, физическими и другими свойствами насыпных грунтов, следует учитывать наличие компонентов биогаза в газовой фазе и газогенерационную способность грунтов.

В *газогеохимическом отношении*, как **подтипы** насыпных грунтов, выделяются: 1) газогенерирующие грунты (обладающие газогенерационной способностью, с аномальным содержанием компонентов биогаза в газовой фазе и наличием потока биогаза из грунтовой толщи); 2) газосодержащие или газопроводящие грунты (не обладающие газогенерационной способностью, с аномальным содержанием компонентов биогаза в газовой фазе и наличием транзитного потока биогаза из грунтовой толщи); 3) грунты, не содержащие активных источников биогаза (с фоновыми концентрациями метана и молекулярного водорода, повышенными – диоксида углерода при дефиците кислорода; отсутствием потока биогаза из грунтовой толщи); 4) грунты, не содержащие каких-либо источников биогаза (с фоновыми концентрациями компонентов биогаза, без дефицита кислорода и отсутствием потока биогаза из грунтовой толщи).

Типизацию насыпных грунтов по наличию компонентов биогаза и газогенерационной способности следует учитывать при проектировании объектов городского строительства и рациональном использовании территории в целом. В этом случае газогеохимические показатели рассматриваются как универсальные поисковые признаки при картировании насыпных грунтов.

Литература

1. Балакин В.А., Труфманова Е.П. Газогеохимические исследования при инженерно-экологических изысканиях // Инженерные изыскания. 2011. № 4. С. 18-21.
2. Бондарик Г.К., Чан Мань Л., Ярг Л.А. Научные основы и методика организации мониторинга крупных городов. М.: ПНИИИС, 2009.
3. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. М.: Стандартинформ, 2013.
4. Котлов Ф.В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека. М.: Недра, 1978.
5. Огородникова Е.Н., Николаева С.К. Техногенные грунты. М.: МГУ, 2004.

СЕЙСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРОЦЕССОВ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ МИКОН-ГЕО

**В.Б. Писецкий, И.В. Абатурова, В.В. Власов,
М.С. Мартыненко, А.Э. Зудилин, Ю.В. Патрушев**

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д. 30.

Развитие опасных инженерно-геологических и гео-газодинамических явлений в подземных сооружениях (транспортных тоннелей, шахт и т.п.) определяется границами области активного влияния подземной выработки на изменение структуры и параметров напряженно-деформированного состояния (НДС) горного массива с радиусом в первые десятки метров в окрестности забоя выработки, что требует применение дистанционного метода непрерывной оценки параметров НДС и опережающего прогноза наступления опасных явлений с необходимым пространственным разрешением. Практически, подобные задачи эффективно реализуются на основе сейсмических систем регистрации отраженных волн в активных процессах воздействия на забой выработки горно-технических или иных (взрывных) средств и в пассивных режимах регистрации “микротресков” горного массива.

Основные риски проявления опасных инженерно-геологических процессов при строительстве и эксплуатации подземных сооружений так или иначе связаны с возмущениями в поле напряженно-деформированного состояния горного массива. При этом необходимо учитывать естественную и техногенную природы активных геодинамических процессов твердой Земли с блоковой структурой.

Процесс деления слоистой структуры осадочного бассейна под действием нестационарного геодинамического поля твердой Земли формирует иерархический дискретный ряд блоков на всех масштабных уровнях. На рис. 1 приведены основные элементы модели горного массива с типичной блоковой структурой в пределах осадочного бассейна (пример – угольный бассейн). Такая закономерность сосуществования многопорядковых блоковых систем многократно обнаружена и независимо подтверждена в различных приложениях геологии, геофизики, геодинамики и, особенно, геомеханики.

На верхнем уровне осадочной толщи формируются активные блоки D_h с зонами дезинтеграции массива Z_h по контактам между ними. По существу, именно зоны дезинтеграции и представляют основную опасность развития опасных ГДЯ при встрече с горной выработкой. На следующем масштабном уровне формируются блоки D_s с зонами дезинтеграции Z_s по контрастным седиментационным границам с резкими скачками значений упругих модулей. В пределах этих блоков могут располагаться угольные пласты с ярко выра-

женной дискретной структурой и с динамическим делением на блоки уровня D_f .

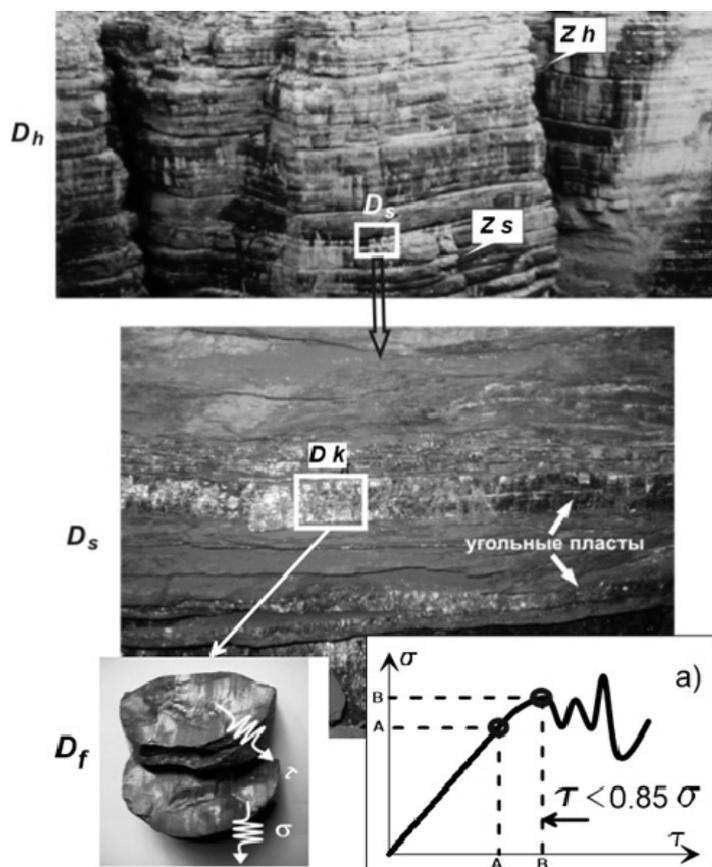


Рис. 1. Основные элементы модели горного массива с блоковой структурой и эффекты трения в дискретных средах

В условиях подземной разработки горного массива (строительство транспортных тоннелей, разработка угольных и рудных полезных ископаемых и т. п.), система сейсмического мониторинга должна обеспечить безопасность ведения горных работ на основе оценки структуры и параметров НДС горного массива, непрерывного контроля за их изменениями и осуществления прогноза внезапных выбросов и горных ударов. Оценка структуры и параметров НДС горного массива осуществляется в ближней (50-100 м) зоне ведения очистных или проходческих работ, при этом точность определения координат и параметров неоднородных объектов в контролируемом пространстве горного массива не должна выходить за пределы 3-5 м по сигналам отраженных и иных типах волн. Достоверность прогноза наступления опас-

ного события обеспечивается за счет регистрации сигналов отраженных волн в активном режиме сейсмической локации при работающем комбайне и регистрации сейсмической эмиссии горного массива в технологических промежутках при остановках горных работ (пассивном режиме).

Сейсмическая система «Микон-ГЕО» (рис. 2) решает в оперативном режиме следующие основные задачи:

- непрерывная оценка структуры и параметров НДС горного массива в процессе ведения проходческих или добычных горно-технических работ в ближней зоне забоя выработки с радиусом не менее 50 м;
- определение фактических деформационно-прочностных свойств вмещающего массива и прогноз их критического изменения на всех этапах проходческих и строительных работ (периодический локальный контроль состояния массива в опасных зонах выработок в пределах шахтного поля);
- организация системного геотехнического мониторинга инженерно-геологических процессов и динамических явлений в горном массиве на дневной поверхности и в подземном пространстве в пределах контура шахтного поля (региональный контроль всей природно-технической системы «геологическая среда – подработанное пространство» на уровне масштабов 1:2000 – 1:5000).

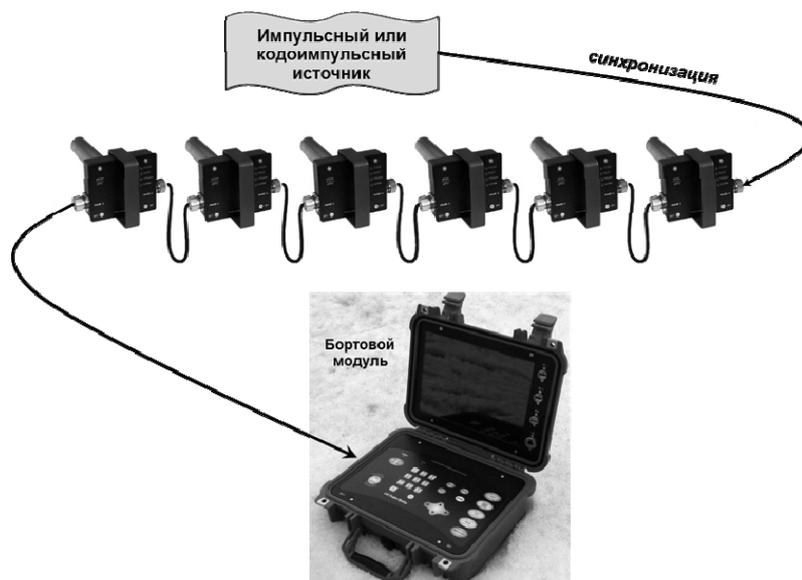


Рис. 2. Структура базовой системы Микон-ГЕО

Схема размещения ЗС-геофонов в очистном или проходческом забоях (включая транспортный тоннель) показана на рис. 3 и 4.

Система МИКОН-ГЕО применялась в процессах геотехнического мониторинга в период 2009-2014 гг. при строительстве транспортных тоннелей в г. Сочи и на различных угольных и рудных шахтах.

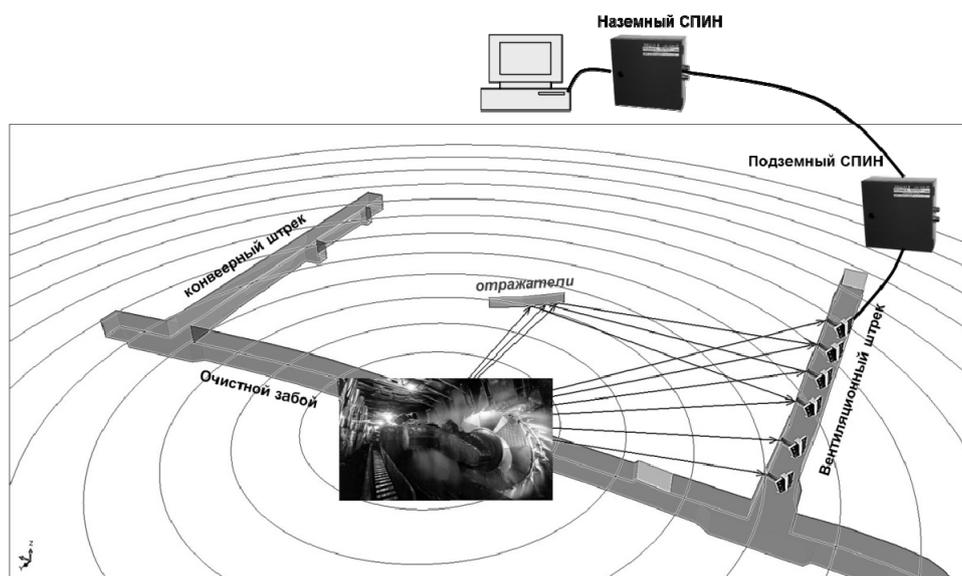


Рис. 3. Схема размещения 3С-геофонов в очистном забое

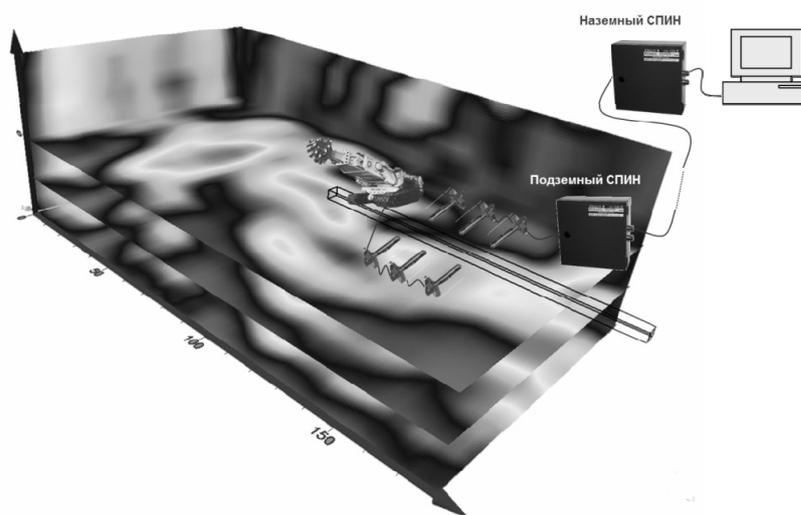


Рис. 4. Схема размещения 3С-геофонов в проходческом забое

В период с июля по август 2014 г. проводились опытно-методические испытания Системы в конвейерной выработке 13-й западной лавы пл. 7 блока № 3 на ПАО «ДТЭК ШАХТА КОМСОМОЛЕЦ ДОНБАССА» (г.Кировское Донецкой области, Украина), приостановленные в связи с обстоятельствами непреодолимой силы.

Промежуточные результаты испытаний представлены на рис. 5, на котором отображены:

- сейсмические изображения горного массива в атрибутивных параметрах с дискретностью 0,5 м в пространстве забоя выработки с удалением от него во все стороны на дистанцию не менее 50 м (куб активной локации);
- результаты трансформации атрибутивного сейсмического параметра в относительные оценки градиентов горного давления;
- пространственное изображение горного массива в размерах куба активной локации и параметры оценки сейсмоэнергетического состояния (частота и интегральная энергия событий в джоулях).

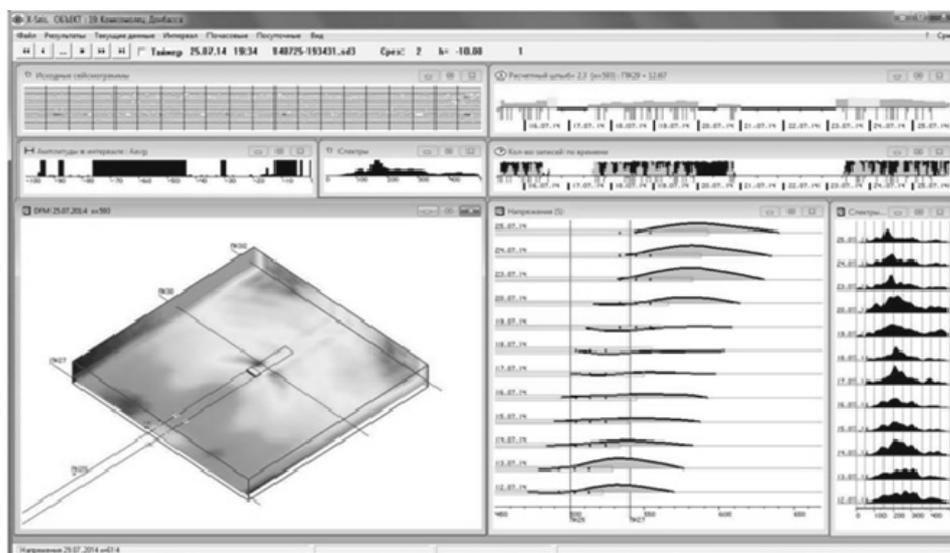


Рис. 5. Пример текущего изображения контрольных и прогнозных сейсмических параметров на мониторе диспетчера (ПАО «ДТЭК ШАХТА КОМСОМОЛЕЦ ДОНБАССА», 25.07.14)

Практический опыт применения метода и технологии сейсмической локации с целью опережающего контроля и прогноза опасного изменения состояния устойчивости горного массива в процессах ведения подземных горных работ дает основание считать, что программно-технические средства системы «Микон-ГЕО» способствуют принятию правильных управленческих решений и тем самым позволяют обеспечить техническую, экономическую и социальную безопасность функционирования подземной добычной и транспортной шахтной инфраструктуры в различных инженерно-геологических условиях.

АЛГОРИТМ ЭКСПРЕСС-МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРЕПОСТИ СКАЛЬНЫХ ПОРОД В МАССИВЕ НА ПРИМЕРЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РОКСКОГО ТОННЕЛЯ

А.Ю. Прокопов, Ю.А. Гергарт

Ростовский государственный строительный университет, г. Ростов-на-Дону,
ул. Социалистическая, 162. E-mail: prokopov72@rambler.ru

Транспортный тоннель является подземным или подводным инженерным сооружением, необходимость строительства которого зачастую возникает в районах со сложными инженерно-геологическими условиями. Действующая нормативная документация не рекомендует осуществлять строительство подобного рода сооружений в зонах тектонических разломов, оползневых участков, в местах повышенного водосбора и в карстоопасных районах [8]. При производстве инженерно-геологических изысканий перед инженерами-геологами стоит задача охарактеризовать всю толщу горных пород различных по составу, свойствам и строению, которые будут являться основанием и средой для проектируемого сооружения [5]. В сложных инженерно-геологических условиях осуществлялась проходка большинства тоннелей на автомагистралях Большого Сочи: «Дублер Курортного проспекта», «Обход г. Сочи», «Совмещенная дорога «Адлер – горноклиматический курорт «Альпика-Сервис», велись строительство и реконструкция самых протяженных в России высокогорных автодорожных тоннелей: Гимринского (4304 м) и Рокского (3730 м), максимальная глубина залегания которых превышает 900 м.

Сложность геологических условий обуславливает необходимость постоянного мониторинга геомеханического состояния породного массива пород, подразумевающего обследование горных пород непосредственно из тоннеля в процессе его строительства с целью изучения геомеханических процессов, а также прогноза их активизации, оценки гидрогеологических условий, определения физико-механических, прочностных и деформационных свойств горных пород, наличия и количественной характеристики трещиноватости породного массива.

При строительстве Рокского тоннеля на объекте: «Реконструкция автомобильной дороги Алагир (автомобильная дорога «Кавказ») – Нижний Зарамаг до границы с Республикой Грузия, тоннель на км 93+300 в Республике Северная Осетия – Алания (3-й этап)» [9] сотрудниками ООО «ГЕО-ПРОЕКТ» производился инженерно-геологический мониторинг, на базе которого осуществлялась апробация методики неразрушающего опробования горных пород на прочность [6] при помощи склерометра «Молоток Шмидта».

Наиболее информативной характеристикой прочностных свойств горных пород, используемой для оценки геомеханического состояния массива,

является крепость пород, которая определяется по временному сопротивлению грунтов одноосному сжатию, и выражается коэффициентом крепости по М.М. Протодяконову [7]. В настоящее время основными методами определения прочностных свойств горных пород остаются стандартизированные лабораторные методы [3]. Однако, они не всегда могут обеспечить необходимую оперативность предоставления данных; кроме того, при лабораторных испытаниях горных пород на прочность невозможно получить данные об их свойствах в массиве, не применив предварительно коэффициента перевода прочности из образца в массив [1].

Для обеспечения необходимого качества и темпов производства работ, авторами, совместно со специалистами ООО «Гео-Проект» была разработана методика экспресс-оценки прочностных свойств массива [4], основанная на применении современного оборудования для неразрушающего определения прочности бетона и других материалов. Для исследования был использован склерометр «Молоток Шмидта» (Silver Schmidt, тип BN). Значения, полученные в результате испытания горных пород при помощи склерометра, позволяли определить, к какому интервалу показателей прочности относятся исследованные породы, и соотнести полученные данные с местной классификацией, разработанной в соответствии с рекомендациями [2].

В связи с тем, что данный склерометр предназначен для определения прочности бетонов, которые являются в большинстве случаев однородным массивом, алгоритмы использования склерометра для бетонов неприменимы для массива горных пород, разбитого несколькими системами трещин. Для использования прибора применительно к горным породам был разработан алгоритм исследования, и определено необходимое количество измерений прочности для различных пород при заданной доверительной вероятности и максимально допускаемой ошибке.

Алгоритм разработанного экспресс-метода заключается в следующем.

1. Визуальное обследование забоя и предварительное выделение инженерно-геологических элементов (ИГЭ) по характерным признакам горных пород (минеральный состав, цвет, блеск, структура, текстура, спайность, излом и др.)

2. Инструментальное определение площади забоя S_i , занимаемой каждым ИГЭ в общей площади забоя тоннеля в черне.

3. Измерение предела прочности пород склерометром «Молоток Шмидта» по каждому выделенному ИГЭ в объеме пробной выборки N_i , объем которой определяется, исходя из ожидаемой категории прочности по табл.

Таблица

Рекомендуемый объем пробной выборки значений прочности

Категория скальных пород	Прочность пород $R_{сж}$, МПа	Объем пробной выборки
Прочные	50-120	7-10
Средней прочности	15-50	10-15
Малопрочные	5-15	15-20

4. Расчет показателей вариации по пробной i -той выборке в каждом ИГЭ:

$$\text{– средней арифметической } \overline{R}_{\text{пр}i} = \frac{\sum_{j=1}^{N_i} R_{ij}}{N_i};$$

$$\text{– дисперсии: } D_{\text{пр}i} = \sigma_{\text{пр}i}^2 = \frac{\sum_{j=1}^{N_i} (R_{ji} - \overline{R}_{\text{пр}ji})^2}{N_i},$$

где i – номер пробной выборки (номер ИГЭ);

j – номер измерения прочности в i -той пробной выборке;

N_i – количество измерений в i – той выборке;

R_{ij} – j -тое измеренное значение прочности в i – той выборке;

$\overline{R}_{\text{пр}i}$ – среднее арифметическое значение прочности i -той выборки (i -го ИГЭ).

5. Задание доверительной вероятности P и предельно допускаемой относительной ошибки δ , %, в измерении прочности по всем предварительно выделенным ИГЭ.

6. Определение необходимого числа измерений прочности n_i в каждом ИГЭ для получения результатов с заданной точностью и доверительной вероятностью:

$$n_i \geq \frac{t_p^2 \cdot \sigma_{\text{пр}i}^2}{\Delta^2} = \frac{t_p^2 \cdot \sigma_{\text{пр}i}^2}{(\delta \overline{R}_{\text{пр}i})^2},$$

где t_p – коэффициент доверия для заданной доверительной вероятности P ;

$\sigma_{\text{пр}i}^2$ – дисперсия i -той пробной выборки значений прочности, МПа²;

Δ – максимально допускаемая абсолютная ошибка при определении прочности, МПа;

$\overline{R}_{\text{пр}i}$ – среднее арифметическое значение прочности в i -той пробной выборке, МПа;

δ – относительная допускаемая ошибка при определении прочности, д. ед.

7. Определение необходимого числа дополнительных измерений прочности в каждом ИГЭ:

$$n_{\text{доп}i} = n_i - N_i.$$

8. Если $n_{\text{доп}i} \leq 0$, то среднее значение прочности в данном ИГЭ принимается по результатам пробной выборки.

9. Если $n_{\text{доп}i} > 0$, то определяется максимально возможная площадь забоя $S_{\text{уд}i}$ данного ИГЭ, приходящаяся на одно измерение:

$$S_{\text{уд}i} \leq \frac{S_i}{n_{\text{доп}i}},$$

где S_i – площадь забоя тоннеля, приходящаяся на i -тый ИГЭ, м².

10. Рассчитывается сторона квадратной сетки a_i , по которой должны производиться замеры прочности в забое каждого ИГЭ, для которого выполняется неравенство $n_{\text{доп } i} > 0$:

$$a_i = \sqrt{S_{\text{уд } i}} .$$

11. Выполняется разметка забоя по каждому ИГЭ, где справедливо условие $n_{\text{доп } i} > 0$ и в узлах сетки (или в непосредственной близости от них – на наиболее ровных площадках) выполняются замеры прочности склерометром «Молоток Шмидта $R_{\text{доп } ij}$ ».

12. Расчет средней прочности по каждому ИГЭ выполняется с учетом, как пробной, так и дополнительной выборок:

$$\bar{R}_i = \frac{\sum_{j=1}^N R_{ij} + \sum_{j=1}^{n_{\text{доп } i}} R_{\text{доп } ij}}{N_i + n_{\text{доп } i}} .$$

13. Расчет средневзвешенной прочности пород определяется с учетом площади S_i , занимаемой каждым ИГЭ в общей площади забоя (участка):

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{R}_i S_i}{\sum_{i=1}^k S_i} ,$$

где k – количество ИГЭ, выделенных в забое (или на замеряемом участке породного обнажения).

14. Расчет средневзвешенной крепости пород в забое, полученной по всем (пробным и дополнительным) замерам молотком Шмидта:

$$f \approx \frac{1}{10} \bar{R} .$$

15. Для определения истинного значения крепости пород в массиве полученное «по молотку» значение f должно корректироваться на основании тарифовочных графиков, построенных для конкретного молотка по результатам стандартных испытаний с учетом модуля трещиноватости и предела прочности пород на одноосное сжатие.

Апробация данного алгоритма была выполнена в инженерно-геологических условиях Рокского тоннеля в период его реконструкции, при этом достаточное количество определений прочности в отдельном ИГЭ колебалось в широких пределах в зависимости от категорий пород и составляло при допустимой ошибке не более 15%:

- в прочных породах – 5-8 значений;
- в породах средней прочности – 9-15 значений;
- в малопрочных породах – 45-80 значений.

При уменьшении предельно допустимой ошибки требуемое количество измерений прочности нелинейно возрастает.

Применение данного алгоритма позволяет определить крепость массива горных пород с учетом заданных доверительной вероятности и максимально допустимой ошибки, при этом необходимое число измерений определяется для каждого выделенного инженерно-геологического элемента. Кроме того, предлагаемый метод позволяет увеличить детализацию разбивки массива горных пород по крепости с целью оперативной оценки устойчивости свода и боков тоннеля и своевременной корректировки параметров временной, постоянной и при необходимости – опережающей крепи тоннеля.

Литература

1. *ВСН 126-90*. Крепление выработок набрызгбетоном и анкерами при строительстве транспортных тоннелей и метрополитенов. Нормы проектирования и производства работ. – М.: Минтрансстрой, 1990. – 94 с.
2. *ВСН 190-78*. Инструкция по инженерно-геологическим изысканиям для проектирования и строительства метрополитенов, горных железнодорожных и автодорожных тоннелей. – М.: Минтрансстрой, 1978. – 31 с.
3. *Гергарт Ю.А.* Обзор методов диагностики прочностных свойств горных пород при проходке транспортных тоннелей // Научное обозрение. – 2013. – № 11. – С. 65-68.
4. *Гергарт Ю.А.* Методика испытания горных пород на прочность неразрушающим методом при проходке транспортных тоннелей [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2013, №4 – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2118> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.
5. *Гергарт Ю.А.* Особенности инженерно-геологических изысканий при проходке транспортных тоннелей // Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений : сб. науч. тр. – Донецк: Норд-пресс, 2014. – Вып. 20. – С. 40-42.
6. *Гергарт Ю.А., Головач В.С., Махров А.А.* Об апробации нового метода экспресс-диагностики прочностных свойств горных пород при реконструкции Рокского тоннеля // Строительство-2014: м-лы Междунар. студенческой науч.-практ. конф.: тезисы докладов. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2014. – С. 209-210.
7. *Протодьяконов М.М.* Трещиноватость и прочность горных пород в массиве. – М.: Наука, 1964. – 69 с.
8. *СП 122.13330.2012*. Тоннели автодорожные и железнодорожные. – М.: Министерство регионального развития, 2012.
9. *Технический отчет о геологическом мониторинге и корректировка ПСД по временной и постоянной обделке тоннеля 93+300-III – ГП/2012/16. Том 1.* – СПб: ООО «ГЕО-ПРОЕКТ», 2013. – С. 2-5.

УСТРОЙСТВО КАЧЕСТВЕННОЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МЕТРОПОЛИТЕНА «ОТКРЫТЫМ» СПОСОБОМ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

В.В. Ремнёв, А.В. Ремнёв

ОАО «МОСИНЖПРОЕКТ», 111250, Москва, Проезд завода «Серп и Молот», д. 10
E-mail: remnev_v@mail.ru

Ограждение котлованов способом «стена в грунте» является одним из наиболее прогрессивных и универсальных для устройства подземных сооружений, возводимых в открытых котлованах.

По назначению различают три типа стен: несущие, ограждающие и противофильтрационные; по материалам – монолитные, сборные и сборно-монолитные стены.

Способ «стена в грунте» позволяет осуществлять строительство:

- в непосредственной близости от существующих зданий и сооружений;
- при значительной глубине сооружения (до 30 м);
- при больших размерах в плане и сложной форме сооружения;
- при высоком уровне подземных вод.

Современные технологии позволяют устраивать конструкции подземных сооружений разных форм, но традиционными и наиболее часто встречающимися являются конструкции из прямолинейных стенок, возводимых траншейным способом. Кроме этого, существует свайный способ, применяемый в условиях особо плотной городской застройки.

Свайный способ характеризуется наличием сплошного ряда буронабивных вертикальных свай образующих ограждающую конструкцию при устройстве котлована. Для разработки грунтового ядра внутри подземного сооружения, возводимого способом «стена в грунте», рекомендуется применять технологию, которая предусматривает разработку вначале центральной части грунтового массива внутри сооружения на глубину одного яруса с сохранением по периферии неразработанных участков. Такой прием облегчает работу ограждающей конструкции. Затем монтируются распорные конструкции и разрабатывается оставшаяся часть грунта. На следующей заходке цикл повторяется.

Для строительства метрополитена открытым способом (перегонных и станционных тоннелей) предлагается применять водонепроницаемые, капитальные несущие сборно-монолитные конструкции. Такие конструкции могут быть надежной несущей наружной стеной, которая обеспечивает работу конструкции на всех стадиях строительства и эксплуатации. В перегонных тоннелях такая конструкция вообще не требует отделки. Возведение указанных сборно-монолитных конструкций осуществляется методом установки

несъемной опалубки, в качестве которой применяются сталефибробетонные плиты, с последующей установкой в опалубку арматурного каркаса и бетонированием. Водонепроницаемость сталефибробетонных плит, невзирая на сравнительно малую толщину (15-20 мм), обеспечивается качественным гидротехническим бетоном, приготовленным в заводских условиях. Особенность изготовления сталефибробетонных плит заключается в том, что по их периметру устанавливается металлическая рамка из уголка с последующей заливкой мелкозернистым фибробетоном. Это дает возможность при формировании несъемной опалубки сваривать их между собой в прочную конструкцию с последующим армированием и бетонированием.

Сталефибробетоны относятся к конструируемым цементным композициям (ЕСС) [1], основные прочностные свойства которых определяются типом используемой стальной фибры и объемом ее введения в цементно-песчаную матрицу.

В настоящее время на рынке строительных материалов имеется много видов стальной фибры, которая различается: по способу изготовления (рубленая из проволоки, резаная из листа, фрезерованная), прочности стали, геометрии (диаметр, длина), наличию антикоррозионного покрытия, а также по форме волокон.

Нами была рассмотрена стальная фибра, выпускаемая отечественной промышленностью, т.к. ее цена в 2 и более раз ниже, чем у аналогичной стальной фибры, закупаемой за рубежом или по зарубежной технологии.

Учитывая небольшую толщину фибробетонных плит, применяемых для несъемной опалубки (15-20 мм), и то, что в качестве матрицы был принят мелкозернистый бетон, то при выборе фибры нами были введены ограничения по длине волокон и диаметру.

Различные типы стальной фибры в конструктивном отношении, в основном, различаются по способу обеспечения ее сцепления с матрицей.

Исходя из этих предпосылок, были рассмотрены следующие виды фибры:

- рубленая из проволоки (ФСП 30x0,8), по ТУ 1211-205-46854090-2005 с волнистым волокном длиной 30 мм, диаметром 0,8 мм;

- фрезерованная из слябов (Нагех 32x1.2) по ТУ 0882-193-46854090-2005 с волокном длиной 32 мм и толщиной 1,2 мм и имеющая по концам анкера в виде отгибов;

- нарезанная из стального листа (ФСЛ 40x0.8) по ТУ 0991-123-53832025 – 2005 с волокном длиной 40 мм и толщиной 0,8 мм переменного профиля образующимся при ее резке;

- рубленая из волнистого латунированного профиля (ФСП-Люкс 15x0.3) по ТУ 1221-001-71968828-2005 с волокном длиной, соответственно, 15 и 30 мм и толщиной 0,3 мм.

Результаты исследований показали, что введение стальной фибры в цементно-песчаную матрицу повышает прочностные характеристики фибробетона.

Увеличение процента армирования цементно-песчаной матрицы до 6% приводит в зависимости от вида фибры к росту:

- кубиковой прочности на 20-30%;
- прочности на осевое растяжение на 20-80%;
- прочности на растяжение при изгибе до 280%.

Разрушение сталефибробетонов с цементно-песчаной матрицей при осевом растяжении и растяжении при изгибе не носит хрупкого характера.

Таким образом, для повышения индустриальности ведения работ и гидроизоляции несущей конструкции рекомендуется применять сборно-монолитный вариант, с применением сталефибробетонных плит. Это позволяет получить:

- гарантированную марку бетона стен по прочности и водонепроницаемости; – гарантированную геометрию и чистую поверхность стен;
- возможность установки в заводских условиях закладных деталей и сальников для подводки коммуникаций;
- снижение трудоемкости работ;
- высокую конструктивную надежность (стены можно использовать в качестве несущих конструкций тяжело нагруженных сооружений);
- простоту крепления и соединения с другими конструктивными элементами подземного сооружения;
- полную водонепроницаемость даже в наиболее неблагоприятных гидроэкологических условиях;
- увеличенную скорость возведения конструкции (применение в сложных грунтовых условиях центра Москвы снижает стоимость конструкции и срока возведения на 20-30% в сравнении с монолитной стеной в грунте);
- возможность передачи на стену нагрузки после возведения;
- уменьшение расхода бетона в неблагоприятных условиях.

Предлагаемая технология дает возможность значительно повысить качество гидроизоляции в несущих конструкциях подземных сооружений метрополитена.

Литература

1. *Баженов Ю.М.* Пути развития строительного материаловедения: новые бетоны. Журнал «Технология бетонов». 2012. № 3-4. С. 39-42.
2. *Рабинович Ф.Н.* Композиты на основе дисперсно армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции. М.: АСВ, 2004. С. 560
3. *Ремнев В.В., Красновский Р.О., Шкутов Н.С.* Влияние характеристик стальной фибры на технологические и физико-механические свойства фибробетонов. Вестник отделения строительных наук РААСН. Вып. 16. Т. 2. М., 2012. С. 103.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРОВ КАРСТОВО-ПРОВАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОТИВОКАРСТОВОЙ ЗАЩИТЫ СООРУЖЕНИЙ МЕТРОПОЛИТЕНА

М.М. Уткин

ОАО «Противокарстовая и береговая защита», 606019, Россия, Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гастелло, д. 10/15. E-mail: mike5319@rambler.ru

С ростом и развитием городов, как правило, увеличивается объем подземного строительства. Безопасное освоение и безопасная эксплуатация подземных сооружений являются крайне важными задачами, особенно на территориях, подверженных возникновению опасных инженерно-геологических процессов. Достижению поставленных задач способствует, в том числе, развитие методов проектирования и расчёта таких сооружений.

С необходимостью определения диаметров карстово-провальных деформаций для подземных сооружений автор настоящей работы впервые столкнулся при проектировании противокарстовой защиты объектов продлеваемой Сормовско-Мещерской линии Нижегородского метрополитена.

Под карстовым провалом понимаются быстрые деформации земной поверхности (основания), характеризующиеся нарушением сплошности грунтового массива. Борта провала в момент его образования имеют отвесные стенки, которые со временем обрушаются. Оно происходит до тех пор, пока борта не достигнут практически устойчивого состояния. При этом на поверхности земли уже имеет место карстово-провальная воронка.

На закарстованных территориях основным параметром, необходимым для проектирования конструктивной противокарстовой защиты сооружений, является расчётный пролёт карстового провала l_d [5, 7-9, 11]. Как правило, он крайне актуален для сооружений, расположенных на площадках со значительной мощностью покровных отложений [5, 7]. При его определении необходимо учитывать достаточно много исходных данных, в числе которых, средний диаметр карстово-провальных воронок d_{cp} . Этот диаметр, как правило, определяется на основании статистических данных по карстопроявлениям, зафиксированным на территории строительства. Если этих данных недостаточно или они вовсе отсутствуют, а также если на основании сооружений передаются значительные техногенные воздействия [7, 12, 15], то для определения рассматриваемого диаметра целесообразно использовать детерминистические геомеханические методы прогноза провалообразования.

Для подземного строительства обязательно следует обосновывать применение статистических данных по карстово-провальным воронкам, так как гистограммы распределения их диаметров составляются по установленным поверхностным карстопроявлениям.

При использовании геомеханических методов первоначально определяется диаметр карстового провала d_0 , а затем на его основании, оценивается диаметр карстово-провальной воронки $d_в$.

Все геомеханические методы, по мнению автора статьи, условно можно разделить на 3 группы.

Первая группа методов основана на учёте равновесия круглоцилиндрического столба грунта, зависающего над полостью (или системой близко расположенных полостей). При достижении полостью максимального (предельного) размера, происходит сдвигание (срез) столба по цилиндрической поверхности с формированием на земной поверхности или в основании сооружений карстового провала. В этой группе наибольшее распространение в инженерной практике получили методы Г.М. Шахунянца [12] и Г.М. Троицкого [8, 12]. Автором настоящей статьи сделаны попытки по усовершенствованию метода Г.М. Троицкого [13, 14].

Сооружения метрополитена проектируются мелкого и глубокого заложения [4, 10]. К сооружениям мелкого заложения относятся объекты, которые возводятся открытым способом, а именно, в котлованах. При этом глубина котлованов, как правило, составляет менее 15 м [4]. Тоннели глубокого заложения возводятся закрытым способом, при котором устройство обделки выполняется без нарушения сплошности земной поверхности [4]. Поэтому, рассмотрению подлежали две принципиальные расчётные схемы (рис. 1). Как видно из рис. 1 диаметр провала практически не зависит от глубины заложения сооружения, а диаметр провальной воронки – зависит, так как на рис. 1, *а* воронка развивается в песчаных грунтах (ИГЭ №1), а на рис. 1, *б* – в глинистых (ИГЭ №2).

Применение методов данной группы целесообразно осуществлять, когда покровная толща грунтов сложена песчаными или глинистыми грунтами, а также при их каком-либо переслаивании.

При наличии в разрезе достаточно мощной и однородной глинистой толщи возможен случай, характеризуемый внутренним вывалом глинистых пород при достижении карстовой полостью предельного размера. В результате этого в рассматриваемых отложениях образуется свод равновесия. При достижении сводом предельного размера происходит его обрушение, и карстовый провал, согласно схеме круглоцилиндрического столба грунта, выходит на земную поверхность. Этому механизму соответствует вторая группа методов. В этой группе наибольшее распространение получили методы В.П. Хоменко [16, 17] и А.В. Аникеева [2, 3].

В зависимости от глубины заложения тоннеля метрополитена было рассмотрено две принципиальные расчётные схемы (рис. 2). В обоих случаях диаметры провалов и провальных воронок различны. При этом схема, приведенная на рис. 2, *б*, является наиболее неблагоприятной, ввиду того, что сооружения расположены в вывале глинистых отложений. Схема на рис. 2, *а* практически идентична схеме, представленной на рис. 1, *а*.

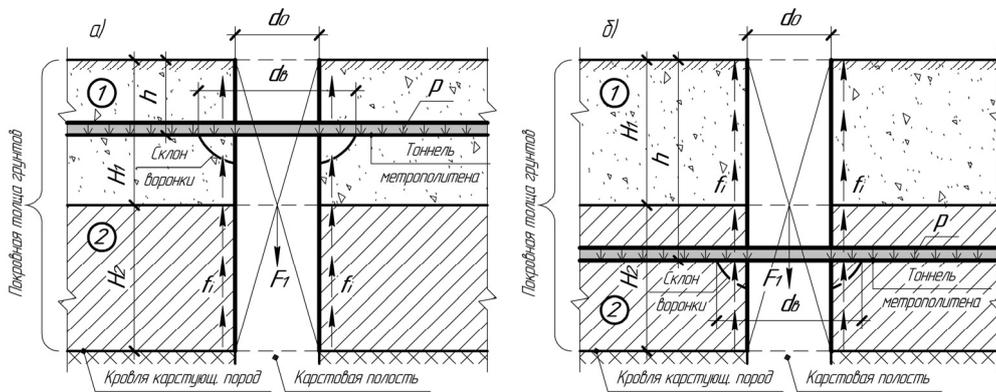


Рис. 1. Принципиальные расчётные схемы для определения диаметров карстовых провалов и карстово-провальных воронок с использованием геомеханических методов первой группы:

a – тоннель мелкого заложения, b – тоннель глубокого заложения.

Условные обозначения: ① – номер инженерно-геологического элемента (ИГЭ); H_1, H_2 – мощность соответствующих ИГЭ; h – глубина заложения тоннеля; d_0 и $d_в$ – см. в тексте; $F_г$ – собственный вес сдвигаемого грунтового цилиндра; p – среднее давление, действующие на основание тоннеля; f_i – силы сопротивления сдвигу круглоцилиндрического столба грунта по его боковой поверхности

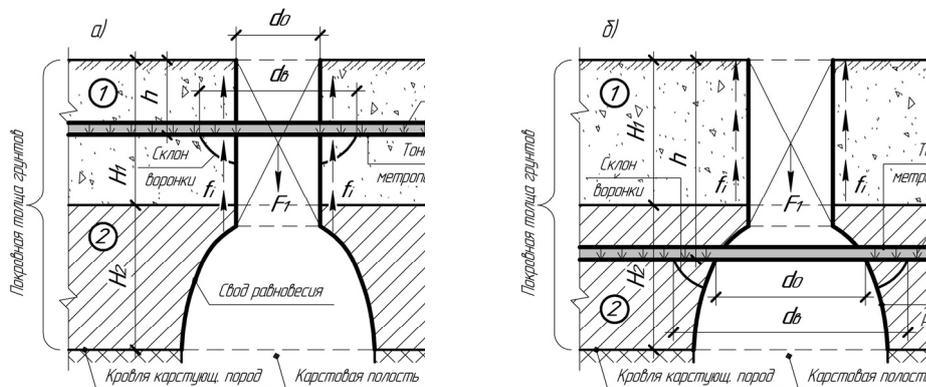


Рис. 2. Принципиальные расчётные схемы для определения диаметров карстовых провалов и карстово-провальных воронок с использованием геомеханических методов второй группы:

a – тоннель мелкого заложения, b – тоннель глубокого заложения.

Условные обозначения приведены на рис. 1

Следует подчеркнуть, что сооружения метрополитена глубокого заложения находятся в менее благоприятных геотехнических условиях (с точки зрения карстовой опасности), чем сооружения мелкого заложения.

Геомеханические методы третьей группы основаны на рассмотрении теории горного давления над горными выработками [1]. На данный момент времени эти методы, вряд ли целесообразно применять при расположении подземных сооружений в покровной толще грунтов. Однако, их применение возможно при размещении сооружений в карстующихся породах. Поэтому при решении практических задач в рассматриваемых на рис. 1 и 2 случаях предпочтение целесообразно отдавать геомеханическим методам первой и второй групп.

При выполнении соответствующих расчетов необходимо обратить внимание на следующие пять обстоятельств.

1. Выбор глубины, до которой выполняется расчет величины диаметра карстового провала (d_0). Данный аспект в большей степени актуален для геомеханических методов первой группы. В этой группе указания по определению рассматриваемой глубины содержатся только в методе Г.М. Троицкого, согласно которому, расчет производится до глубины кровли карстующихся пород или вскрытых полостей в покровной толще. Эти рекомендации целесообразно применить и к другим геомеханическим методам первой и второй групп.

2. Определение категории карстоопасности территорий по средним диаметрам карстовых воронок. В настоящее время согласно СП [9, 11] карстоопасность территорий характеризуется категориями в отношении интенсивности провалообразования и среднего диаметра карстовых провалов. По мнению автора статьи, следует определять категорию не по средним диаметрам провалов, а по средним диаметрам провальных воронок (d_{cp}), как, например, это принято в Рекомендациях [7]. В качестве весьма показательного примера рассмотрим карстовый провал, произошедший в апреле 2013 г. в р.п. Бутурлино Нижегородской области. По словам очевидцев в момент образования он имел диаметр $\approx 15-20$ м. Однако, уже на следующий день диаметр провальной воронки составил ≈ 60 м.

Следует учитывать и тот факт, что на основе тоннелей и станций метрополитена передаются значительные вибродинамические нагрузки, которые способствуют ускорению развития (выполаживанию) карстовых провалов.

Исходя из всего вышесказанного, очевидно, что назначение категории устойчивости по величинам карстово-провальных воронок будет способствовать более объективной оценке карстовой опасности на строительных площадках.

3. Определение значений карстово-провальных воронок d_0 для подземных сооружений. В общем случае их определение может осуществляться с использованием различных методов, например, на основании статистических данных, физического или численного моделирования.

При относительно небольших глубинах заложения сооружений по возможности имеет смысл использовать статистические данные. В остальных случаях целесообразно выполнять моделирование.

Физическое моделирование, возможно, выполнить, например, с использованием различных стендов [6] или геотехнической центрифуги, а численное – с помощью метода Г.М. Троицкого или различных геотехнических комплексов, базирующихся на методе конечных элементов (например, таких как PLAXIS, MIDAS и т.п.).

Применительно к подземным сооружениям, по мнению автора статьи, определение величины d_e целесообразно осуществлять на основании физического моделирования с последующим сопоставлением полученных результатов испытаний с результатами численного моделирования. Это позволит выявить различные инженерные закономерности и оценить точность выполняемых геотехнических расчетов.

Кроме того, при соответствующих условиях станет возможным дальнейшее определение диаметров карстовых воронок с использованием метода инженерно-геологических аналогий [7, 9, 11].

4. *Определение среднего диаметра карстово-провальных воронок d_{cp} по величине d_e , определенной с использованием геомеханических методов провалообразования.* До настоящего времени зависимость величин d_{cp} и d_e окончательно не установлена. Однако, в Рекомендациях [7] в качестве первого приближения рекомендуется принимать их равенство. По мнению автора статьи, данное обстоятельство требует дополнительных исследований по сопоставлению расчетных величин d_{cp} со статистическими их значениями. При этом крайне важно в процессе выполнения исследований рассмотреть участки, характеризующиеся различными инженерно-геологическими условиями и механизмами образования карстовых деформаций.

5. *Определение максимального диаметра карстово-провальных воронок d_{max} на основе полученных результатов расчетов по геомеханическим методам.* Данный диаметр также используется в качестве исходных данных для расчета величины l_d . В подавляющем большинстве случаев максимальный диаметр, возможно, определить, например, воспользовавшись законом нормального распределения [8, 12], согласно которому, целесообразно принять $d_{max} \approx 2d_{cp}$ или с учетом трехсигмового интервала $d_{max} \approx d_{cp} + 3S$ (S – стандартное отклонение исследуемой величины).

Это основные, но далеко не все сложности, которые встречаются при определении величин d_0 , d_e , d_{cp} и d_{max} . Само собой разумеется, что вопросы, поднятые в статье, требуют дальнейших исследований. Их решение позволит принимать более обоснованные проектные решения.

Литература

1. Альбов С.В. Объяснение происхождения провалов и просадок поверхности теорией горного давления (на материале карста низовьев левобережья реки Оки) // Карстование. 1948. № 4, с. 23-36.

2. *Аникеев А.В.* Геомеханические аспекты карстово-суффозионного процесса // Лекции семинара по проблемам инженерного карстоведения. Дзержинск, 2012, с. 72-81.
3. *Аникеев А.В.* О двух формах разрушения связных грунтов над полостью // Геоэкология. 1993. № 2, с. 124-132.
4. *Волков В.П., Наумов С.Н.* и др. Тоннели и метрополитены. М., Транспорт, 1975
5. Рекомендации по использованию инженерно-геологической информации при выборе способов противокарстовой защиты. М.: ПНИИИС, 1987.
6. Рекомендации по лабораторному физическому моделированию карстовых процессов. М.: Стройиздат, 1984.
7. Рекомендации по проведению инженерных изысканий, проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений на закарстованных территориях Нижегородской области. Нижний Новгород, Департамент градостроительного развития территории Нижегородской области, 2012.
8. Рекомендации по проектированию фундаментов на закарстованных территориях. М.: НИИОСП, 1985.
9. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. М.: Госстрой России, 2000.
10. СП 120.13330.2012. Метрополитены. М.: Минстрой России, 2012.
11. СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. М.: Госстрой России, 2012.
12. *Толмачёв В.В., Троицкий Г.М., Хоменко В.П.* Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий. М.: Стройиздат, 1986.
13. *Уткин М.М.* Влияние уровня грунтовых вод на диаметры карстовых провалов, определённых расчётно-теоретическим методом Г.М. Троицкого // Труды конгресса Международного научно-промышленного форума «Великие реки 2013». Нижний Новгород: ННГАСУ, 2014, с. 418-421.
14. *Уткин М.М.* Определение диаметра карстового провала при проектировании противокарстовой защиты «точечных сооружений» с использованием геомеханического метода Г.М. Троицкого // Геотехника. 2013. № 5-6, с. 20-25.
15. *Уткин М.М., Махнатов С.А.* Сравнительный анализ расчётно-теоретических методов по прогнозированию диаметров карстовых провалов // Труды Российской конференции с международным участием: «Геотехнические проблемы проектирования зданий и сооружений на карстоопасных территориях». Уфа, 2012, с. 262-267.
16. *Хоменко В.П.* Закономерности и прогноз суффозионных процессов. М.: ГЕОС, 2003.
17. *Хоменко В.П.* Карстово-обвальные провалы «простого» типа: полевые исследования // Инженерная геология. 2009. № 4, с. 40-48.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ГРУНТОВЫХ МАССИВОВ ПРИ ИХ СТРОИТЕЛЬНОМ ОСВОЕНИИ (НА ПРИМЕРЕ АРГИЛЛИТОПОДОБНЫХ ГЛИН г. СОЧИ)

А. А. Хмелевцов*, Ф.С. Карпенко**

* Ростовский государственный строительный университет,
344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, д. 162. E-mail: geo61rus@yandex.ru
** ИГЭ РАН, 101000, Москва, Уланский пер., д. 13, стр. 2, а/я 145. E-mail: kafs08@bk.ru

Одним из важнейших видов хозяйственной деятельности на территории крупных городов и городских агломераций является строительство различного рода объектов – жилищное, промышленных объектов, транспортное и др. Строительные работы всегда связаны с планированием территории, подрезкой склонов, устройством котлованов, подземными выработками. Все эти мероприятия нарушают естественное залегание грунтовых массивов, изменяют гидродинамический режим, что может вызывать изменения строения и, соответственно, свойств грунтов. Современные строительные технологии позволяют возводить сооружения высокого уровня ответственности и сложности, в значительной степени затрагивая все более глубокие горизонты подземного пространства, что приводит к тому, что все большие части грунтовых массивов подвергаются техногенному воздействию и нагружению, при этом уровень техногенных нагрузок грунтовых массивов постоянно возрастает. Все это свидетельствует, что при инженерно-геологических изысканиях недостаточно изучать свойства грунтов оснований сооружений, а необходимо так же оценивать их возможное изменение при техногенном воздействии в процессе всего жизненного цикла сооружений. Такой прогноз должен проводиться на основе изучения внутреннего строения грунтов и моделирования возможных нагрузок, которые могут испытывать грунты в процессе строительства и эксплуатации сооружений.

Оценить значимость данных положений можно на примере территории г. Большой Сочи, где в последние годы был проведен грандиозный объем строительных работ, направленных, в первую очередь, на развитие его транспортной инфраструктуры. За короткое время здесь было построено множество сооружений различного назначения, расширены существующие дороги, построены новые транспортные магистрали, тоннели и многоуровневые развязки. В процессе строительства возникало множество аварийных ситуаций, существенно затруднявших работы и увеличивающих сроки их проведения [6]. Возникавшие проблемы связаны, главным образом, с тем, что при планировании строительства не были проанализированы специфические особенности свойств грунтовых оснований и оценена возможность их изменения при техногенном воздействии. Значительная часть территории г. Большой Сочи расположена в области распространения отложений сочинской свиты ($P_3s\check{c}$) мощность которых варьирует от 100 до 800 метров, а общая площадь их вы-

хода на поверхность составляет $\sim 60 \text{ км}^2$. Отложения $P_3s\check{c}$ представлены аргиллитоподобными глинами, в естественном состоянии обладающими свойствами, характерными для скальных грунтов – аргиллитов, в первую очередь высокой плотностью и прочностью. Средняя плотность грунтов (ρ) составляет 2.50 г/см^3 , средняя влажность (W) – 12.5 %, число пластичности (I_p)=13–22%, показатель текучести (I_L) = (-)1.3. Угол внутреннего трения $\varphi=44^\circ$, сцепление $C=150 \text{ кПа}$. Важнейшей особенностью отложений $P_3s\check{c}$, которая совершенно не учитывалась при планировании и проведении строительных работ, является их способность к разуплотнению и активной гидратации при снятии горного давления и контакте с водой, приводящим к закономерному снижению несущей способности и устойчивости. Специфические свойства аргиллитоподобных глин $P_3s\check{c}$ обусловлены историко-геологическими особенностями их формирования, более подробно рассмотренными авторами ранее [6]. За счет особенностей минерального состава сносимого материала, седиментогенеза и катагенеза под воздействием высокого геостатического давления при температурах, не превышавших 60° C в условиях относительно опресненного водоема, в них не образовывались цементационные фазовые контакты, характерные для аргиллитов, а формировались переходные контакты ионно-электростатического типа, существование, строение и свойства которых были теоретически обоснованы и описаны В.И. Осиповым и В.Н. Соколовым [1, 4].

Результаты проведенных микроструктурных РЭМ-исследований и лабораторных испытаний физических и механических свойств грунтов, моделирующих различные уровни техногенного воздействия, показали, что при контакте аргиллитоподобных глин с водой начинается восстановление адсорбционного слоя частиц и разрушение переходных ионно-электростатических контактов. Восстановление адсорбционного слоя сопровождается пропорциональным линейным ростом величины и давления набухания, а также снижением прочности грунтов до значений $\varphi=31^\circ$ и $C=130 \text{ кПа}$ (рис. 1). При дальнейшем водонасыщении грунтов начинается образование диффузного слоя частиц, их переориентация и формирование точечных переходных контактов [2, 3]. Глины при этом приобретают пластичную консистенцию. Восстановление диффузного слоя частиц приводит к росту расклинивающего давления гидратных пленок, что, в свою очередь, приводит к росту давления набухания до значений 0.17 МПа . Прочность грунтов при этом закономерно снижается до значений $\varphi=29^\circ$, $C=34 \text{ кПа}$ (рис. 1). Разрушение переходных ионно-электростатических контактов и потеря прочности грунтов при этом являются необратимыми, даже при их высушивании до природной величины влажности восстановления контактов не происходит, а изменение прочности выражается только в некотором повышении сцепления до 78 кПа (рис. 1) за счет увеличения сил трения между частицами. Последующее водонасыщение грунтов приводит к дальнейшему росту толщины диффузного слоя, что вызывает разрушение точечных и формирование коагуляционных контактов. Глины при этом приобретают мягкопластичную консистенцию, величина

давления набухания резко падает до 0.011 МПа, а прочность снижается до значений $\varphi=10^\circ$ и $C=14$ кПа (рис. 1).

Результаты исследований позволяют говорить, что взаимодействие аргиллитоподобных глин P_3Sc с водой приводит к активной гидратации, вызывающей изменение их структуры и типа контактных взаимодействий и соответствующее снижение прочности. При полном водонасыщении угол внутреннего трения снижается более чем в 4 раза по отношению к грунтам в естественном залегании, а сцепление – более чем в 10 раз.

Описанные особенности строения и свойств рассматриваемых грунтов обязательно должны учитываться еще на стадии планирования и проектирования строительства возводимых на них объектов. Наиболее характерные примеры условий строительства, при которых изменение свойств грунтов оснований оказывает наибольшее влияние, рассмотрены ниже.

Подрезка склонов. Нельзя допускать длительного нахождения выработок во вскрытом состоянии и замачивания вскрытой толщи глин. Обязательным в таких случаях является организация эффективного водоотведения. Подрезаемые склоны нуждаются в закреплении (рис. 2), однако их укрепление сплошным шпунтовым рядом свай без организации эффективной дренажной системы может вызвать подпор и последующий подъем уровня грунтовых вод. С подъемом уровня грунтовых вод давление на подпорную стену возрастает за счёт замачивания и набухания толщи глин. Давление набухания при этом может превысить расчетную нагрузку и вызвать деформацию конструкций [5].

При подрезке и укреплении склонов необходимо организовывать эффективную дренажную систему путем перфорации нижней части подпорной стены с заполнением пространства между подпорной стеной и глинами дренирующим грунтом (щебнем крупной фракции с песком). Выше подпорной стены на поверхности склона следует прокладывать водоотводящие лотки. Работы по подрезке крупных склонов рекомендуется проводить после их предварительного укрепления шпунтовым рядом свай во избежание возникновения обвалов и оползней. Использовать выбранный грунт вторично с целью возведения насыпи, заполнения пространства между подпорной стеной и склоном и отсыпки дорог нельзя, так как в нарушенном сложении (в виде щебня и глыб) глины быстро растрескиваются, размокают и приобретают пластичную консистенцию.

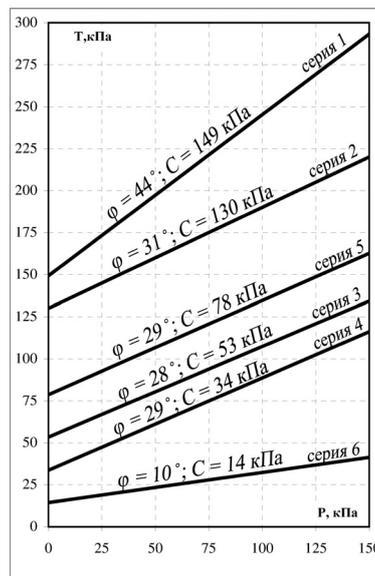


Рис. 1. Изменение прочностных свойств аргиллитоподобных глин при циклическом набухании и усадке

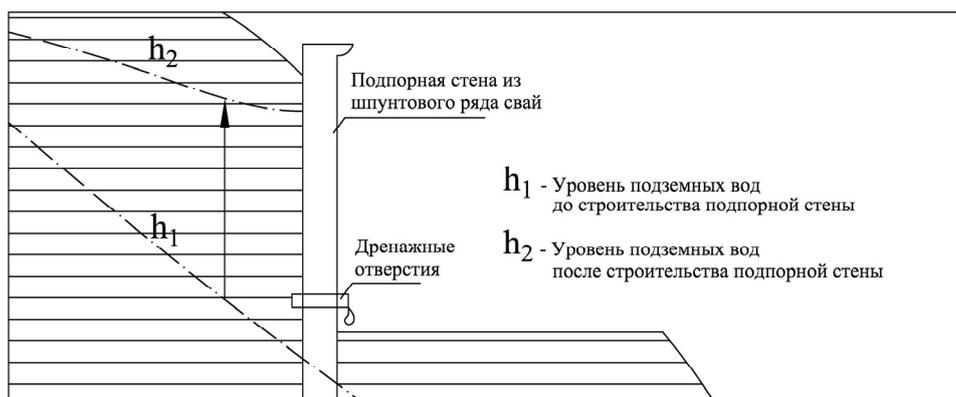


Рис. 2. Строительство подпорной стены из сплошного шпунтового ряда свай без организации эффективного дренажа подземных вод

Проходка подземных выработок. При проходке подземных выработок, например тоннелей, по периметру выработки образуется зона разуплотнения с повышенными трещиноватостью и водопроницаемостью. В этой зоне за счет снятия всестороннего горного давления глины начинают разуплотняться и набухать. Помимо расчетной нагрузки на конструкцию временной обделки тоннеля начинает действовать давление набухания глин, что может спровоцировать деформацию конструкции тоннеля и вывалы пород.

Необходимо также учитывать мощность толщи аргиллитоподобных глин над кровлей тоннеля до дневной поверхности и степень её устойчивости, которая также может быть изменена относительно природной техногенными воздействиями.

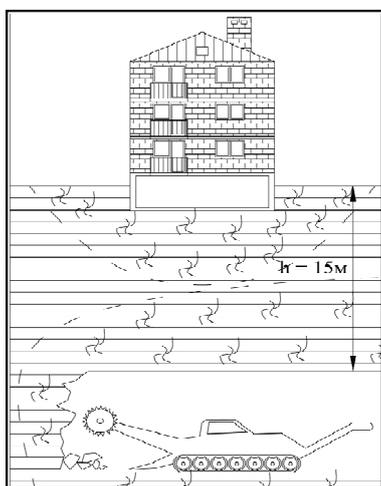


Рис. 3. Образование зон разуплотнения аргиллитоподобных глин в результате техногенного воздействия

Разуплотненные зоны в аргиллитоподобных глинах могут накладываться друг на друга и создавать риск обрушения тоннеля (рис. 3).

Проведенные исследования показали, что аргиллитоподобные глины сочинской свиты г. Большой Сочи, физические и механические свойства которых в естественном залегании близки к свойствам, характерным для аргиллитов, при взаимодействии с водой разуплотняются, теряют прочность и приобретают свойства пластичных глин. Такая способность к изменению свойств аргиллитоподобных глин обусловлена преобладанием в их структуре переходных контактов ионно-электростатического типа, формирование которых проходило при литогенезе в специфици-

ческих условиях давлений и температур. Особенности свойств аргиллитоподобных глин не были учтены при проектировании и проведении строительных работ в г. Сочи, где они являются грунтовым основанием строящихся объектов. Это привело к многочисленным авариям в процессе строительства.

Рассмотренный пример аргиллитоподобных глин сочинской свиты наглядно демонстрирует, что при проектировании и строительстве, в особенности объектов высокой ответственности и сложности, воздействие которых распространяется на глубокие горизонты грунтовой толщи, необходимо не только исследовать свойства грунтов оснований в естественном залегании, но и прогнозировать возможность их изменения при техногенном воздействии. Выполнение такого прогноза возможно на основе исследования микроструктуры грунтов и их лабораторных испытаний в условиях, моделирующих техногенное воздействие, которое грунты будут испытывать в реальных условиях строительства, и именно результаты такого прогноза должны применяться в расчетах при планировании и проектировании строительных объектов. Наиболее важным это условие является для крупных городов и городских агломераций, ведь именно в них осуществляется наиболее активная строительная деятельность и грунтовые массивы оснований испытывают наибольший уровень техногенного воздействия.

Литература

1. *Осипов В.И., Соколов В.Н.* Роль ионно-электростатических сил в формировании структурных связей глин // Вестник Московского университета. 1974. № 1. С. 16-32.
2. *Осипов В.И.* Природа прочностных и деформационных свойств глинистых пород. М.: Издательство Московского университета, 1979. 232 с.
3. *Осипов В.И.* Физико-химическая теория эффективных напряжений в грунтах. М.: ИГЭ РАН, 2012. 74 с.
4. *Осипов В.И., Соколов В.Н.* Глины и их свойства. Состав, строение и формирование фвойств – М.: ГЕОС. 2013. 576 с.
5. *Хмелевцов А.А.* Формирование структурных связей в аргиллитоподобных глинах сочинской свиты в г. Сочи [Электронный ресурс] / А.А. Хмелевцов // Инженерный вестник Дона. – 2013. – №4. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/p4y2013/2037>.
6. *Хмелевцов А.А., Карпенко Ф.С., Кутергин В.Н., Кальберген Р.Г.* Особенности строения и физико-химических свойств аргиллитоподобных глин сочинской свиты в связи с условиями их образования // Сергеевские чтения. Развитие научных идей академика Е.М. Сергеева на современном этапе. Юбилейная конференция, посвященная 100-летию со дня рождения академика Е.М. Сергеева (21 марта 2014 г.). М.: РУДН, 2014. Вып. 16. С. 145-149.

3. ПРИРОДНЫЕ И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫЕ ОПАСНОСТИ; ОЦЕНКА ПРИРОДНЫХ РИСКОВ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

ОПЫТ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ТЕРРИТОРИИ ГОРНОГО ТЕХНОГЕНЕЗА

Ю.Г. Алешин, И.А. Торгоев

Институт геомеханики и освоения недр НАН КР. 720055 г. Бишкек, Кыргызская Республика,
ул. О. Медерова, 98. Email: Yuri Aleshin@gmail.com

Оползневой мониторинг, проводимый в последние годы на горнодобывающих территориях Кыргызстана, показывает, что экзогеодинамика участков горнопромышленного освоения активизируется не только в период эксплуатации месторождений, но проявляется на протяжении многих последующих десятилетий, создавая чрезвычайные ситуации в старых шахтерских городах и горнорудных посёлках [1,3].

Активный процесс – сдвигание земной поверхности начинается после разрушения грузонесущих элементов шахтных полей. Вслед за этим на подработанных горных склонах, спустя много лет, уже после завершения очистных работ, развиваются оползневые процессы. Подземные пустоты, участки интенсивной трещиноватости горных пород не только эффективно дренируют поверхностные воды, но и транспортируют инфильтрационные потоки к подошве слабоустойчивого четвертичного покрова вблизи подножий склонов, где размещены производственные объекты и жилая застройка. Указанные два фактора – разуплотнение горных пород и их избыточное увлажнение являются основными факторами оползнеобразования на таких территориях. Положение еще более усугубляется, когда на земной поверхности таких участков формируется отвалы пустой породы, создающие дополнительную пригрузку для слабого четвертичного покрова.

Типичная в этом отношении ситуация сложилась на угольном месторождении Кок-Янгак. Здесь интенсивная добыча угля подземным способом продолжалась на протяжении 60 лет, начиная с 1932 г.. При этом отрабатывались вначале полого падающие, затем и крутопадающие пласты угля близко расположенные к дневной поверхности на глубине от 30 до 100 м в приво-

дораздельной зоне хребта СюреньТюбе. В 50-е годы прошлого столетия в отработку уже были вовлечены нижележащие (на глубине более 150 м) пласты. Практически сразу же после отработки верхних пластов на земной поверхности появились значительные просадки рыхлого четвертичного покрова, представленного лессовидным суглинком, и получили развитие оползни. Однако, до тех пор, пока эти процессы протекали вдали от границ шахтерского посёлка, они не вызывали серьезного беспокойства, но спустя 30 лет после отработки запасов на Центральной угленосной площади на склоне штольни "Капитальная", вблизи ее устья, стал формироваться крупный оползень. Отдельные его блоки объемом до 10^5 м^3 дважды сходили на промплощадку шахты, при этом мощность оползневых тел достигала 20 м, и у подножья стенки отрыва появился родник с резко увеличивающимся расходом воды в период таяния снежного покрова на водоразделе, где сформировалась крупная мульда сдвижения площадью $\sim n \cdot 10 \text{ га}$. На карте – врезке (рис. 1) этот оползень показан на участке Б-1 между двумя отвалами пустой породы.

Весь массив четвертичного покрова (он представлен лессовидными разновозрастными суглинками) на склоне штольни «Капитальная» был взят под контроль. Предварительно были проведены расчеты сдвижений и деформаций подработанной земной поверхности. При этом порядок расчета величин сдвижений земной поверхности был установлен таким образом, чтобы соответствовал приблизительно хронологии отработки месторождения, что позволило учесть в расчете влияния активизации сдвижения. Особое внимание было обращено на ближайший к изучаемому оползню пласт угля, который отрабатывался двумя лавами, что связано с крупными тектоническими нарушениями. На участке разработки свиты пластов показатели процесса сдвижения земной поверхности достигали больших величин: максимальное оседание $\eta_m \approx 5,7 \text{ м}$; горизонтальное смещение $\xi_m = 3,0 \text{ м}$; деформация растяжения $\epsilon_m \approx 30 \cdot 10^{-3}$. Однако наибольший интерес представляли деформации в нижней части склона в зоне взаимодействия с головной частью оползня; $\epsilon_m \approx 30 \cdot 10^{-3}$; рис. 1). Эти величины являются запредельными для суглинков, они неизбежно приводят к формированию разрывов в глинистых грунтах твердой и полутвердой консистенции.

Аналитические исследования выявили возможность формирования оползня на подработанном склоне, и в то же время показали направление дальнейшего развития заколов и трещин отрыва по направлению к участку максимальных растягивающих деформаций вверх по склону. Это позволило сделать прогноз о потенциально неустойчивом объеме грунтов $\sim 2 \text{ млн. м}^3$, который будет способен к оползневому смещению в ближайшие годы, возможно, по частям с вовлечением в оползневой процесс пород горного отвала. Важным результатом проведенных расчетов явилось также однозначное определение участка для установки систем мониторинга и раннего предупреждения оползневой опасности, а также более детального геофизического изучения состояния горного массива. Линии реперов и разведочные профили были заложены преимущественно по падению склона и лишь при наличии местных водоразделов – дополнительно по его простираю от 20 до 35 м,

местных водоразделов – дополнительно по его простиранию от 20 до 35 м, что позволило получить удовлетворительную точность измерения расстояний специально разработанными дистометрами, обеспечивающими при контролируемой величине натяжения мерной ленты и постоянной температуре ($20 \pm 1^\circ\text{C}$) относительную погрешность измерения, не превышающую $\pm 2 \cdot 10^{-4}$ отн. ед. Динамика оползневых деформаций на протяжении трех лет наблюдений демонстрировала нарастание оползневых смещений со временем.

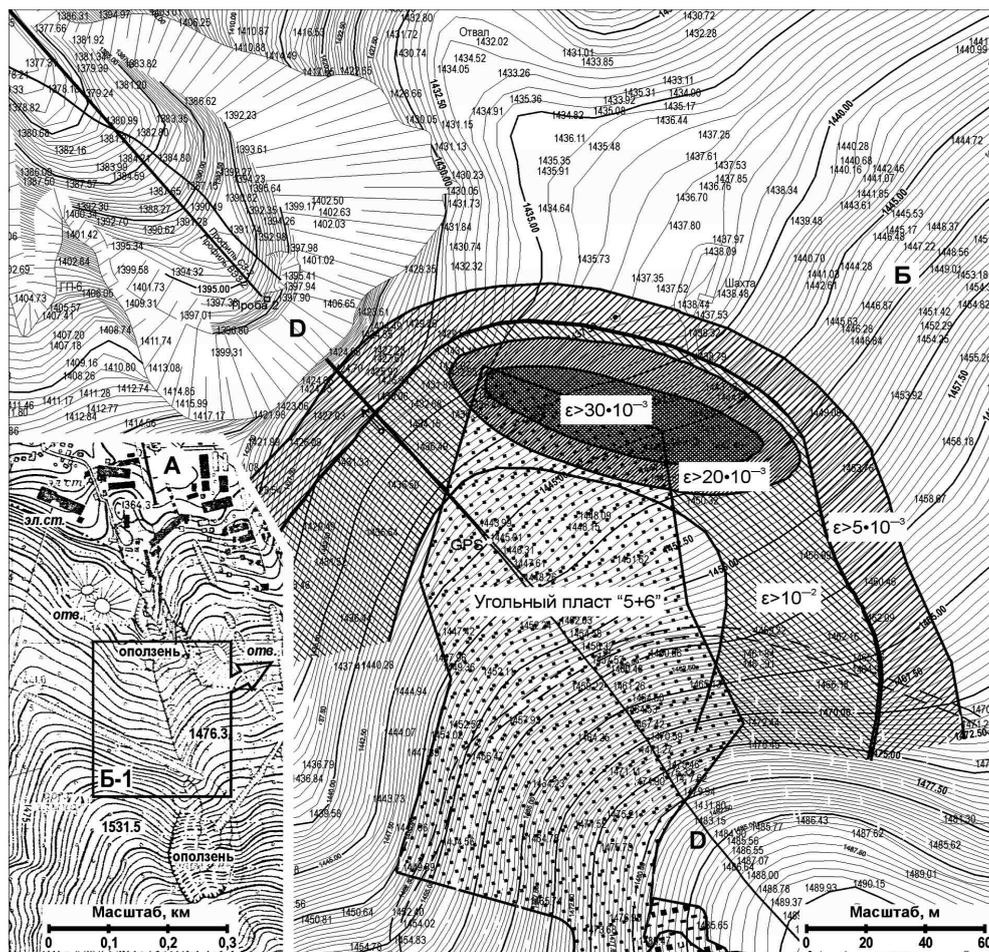


Рис. 1. Обзорная карта оползневой участка (А) и зоны растягивающих горизонтальных деформаций на поверхности склона штольни «Капитальная» (Б). Отработанный угольный пласт совмещён с дневной поверхностью

Геоэлектротомограмма оползневой блока вдоль профиля D-D ясно показывает гидрогеологическое окно латерального водопотока подземных вод в пределах абс. отметок 1440–1450 м в верхней части склона на глубине от

17 до 20 м. Хорошо заметны также участки формирования будущих трещин отрыва на дневной поверхности склона, которые идентифицируются по пониженным величинам сопротивлений (рис. 2). Методами сейсморазведки уверенно выделена плоскость скольжения на контакте литологических разностей $dpQ_4 - dpIQ_{1-2}$.

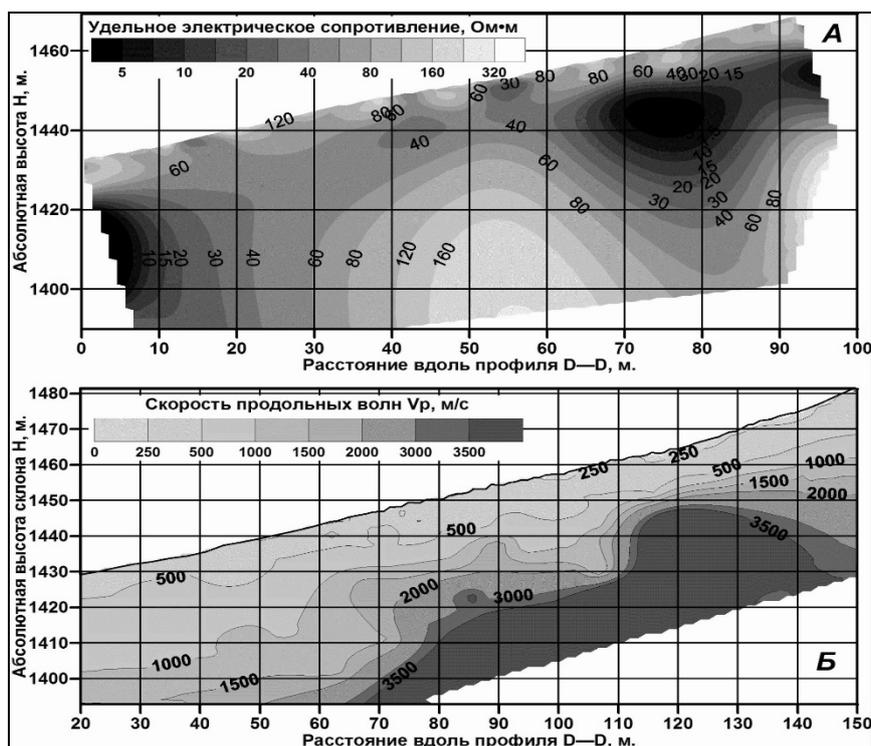


Рис. 2. Геоэлектротомограмма (А) и сейсмотомограмма (Б) горного массива оползнеопасного склона на участке развития деформаций земной поверхности. Разрез вдоль профиля D–D

Подобные исследование были проведены на большой площади предгорной зоны хребта Сюрень-Тюбе, у подножья которого расположен крупный шахтерский посёлок Кок-Янбак. Здесь все факторы сдвижения земной поверхности и оползнеобразования: технологические, горно-геологические, тектонические и др. изменяются в широких пределах, что предопределило различные схемы сдвижения пород со сдвигом и без сдвига по напластованию, сдвижения висячего и лежачего блоков, выхода на поверхность зон просадок и разрушений. На таких участках горный массив даже после прекращения процесса сдвижения сохраняет повышенную водопроницаемость по сообщающимся параллельным напластованию и нормальным трещинам. Модуль вектора общего сдвижения лессовидного покрова на участках выемки

свиты пластов может достигать 5-6 м, что соизмеримо с величинами оползневых подвижек. Подобные крупные нарушения всей подработанной площади определили значительный оползневой потенциал территории, в то время как реализация этого потенциала продолжается и, более того, активизируется спустя много лет после завершения горных работ.

В Майлуу-Суу при освоении уранового месторождения и интенсивного шахтного строительства в период с 1946 по 1955 гг. в зоне горного отвода было зарегистрировано от 50 до 60 новых оползней [2]. Средняя скорость приращения числа оползней в этот период достигало 5-7 оползней в год. В последующие 40 лет, прошедшие после отработки месторождения этот показатель составлял ~ 2 оползня/год, а общее число современных оползней, включая стабилизировавшиеся и активные, достигло в настоящее время 215. Активность многих оползней продолжается десятки лет, что наиболее характерно для крупных, объем которых превышает 1 млн.м³.



Рис. 3. Оползень в пос. Шекафтар спустя 40 лет после отработки рудника

В тех случаях, когда плоскости ослабления в массиве выражены отчетливо, например, представлены плоскостями напластования и контактами слабых пород, происходит сдвиг больших призм пород под пологими углами. Наиболее благоприятные условия для подобного сдвига существуют там, где плоскости контактов подрезаны очистными выработками. Так, например,

в районе рудника Шекафтар, где с 1946 по 1967 гг. велась добыча урановых руд, спустя два года после закрытия рудника произошло сдвижение крупного блока известняков палеогена на склоне площадью более 1,5 км². В последующие годы фиксировались подвижки до 10-15 см в год, а в 1994 г. произошла резкая активизация сдвижения склона (см. рис. 3) с образованием у его подножья в зоне жилых строений валов выпирания и рвов глубиной до 3 м. Пласт известняка оказался разбит системой трещин.

Анализ опыта работы горнодобывающих предприятий, обобщение результатов натуральных инструментальных наблюдений на рудных месторождениях и угольных шахтах Кыргызстана показали, что активизация динамики земной поверхности на участках жилой застройки, примыкающих к зонам техногенеза, происходит не только в период проведения горных работ, но также через много лет и даже десятилетий после отработки запасов. Геомониторинг земной поверхности таких объектов необходимо проводить длительное время, не прерывая его в связи с закрытием горнодобывающего предприятия.

Литература

1. Алешин Ю.Г., Торгоев И.А., Ялымов Р.Н., Абдубаитов Ш.А. Особенности сдвижения земной поверхности и оползневые риски на горнопромышленных территориях Кыргызстана // Геомеханика в горном деле. Екатеринбург: ИГД УРО РАН, 2005. С. 285-175.
2. Коваленко Д.Н., Алешин Ю.Г., Торгоев И.А., Червонцев П.Г. Освоение уранового месторождения и эволюция геодинамики Майлуу-Суу // Оценка и управление природными рисками: Материалы Всероссийской конференции «Риск-2003»: в 2-х т. Т. 1. М.: РУДН, 2003. С. 128-132.
3. Торгоев И.А., Алешин Ю.Г. Геоэкология и отходы горнопромышленного комплекса Кыргызстана. Бишкек: Илим., 2009. 240 с.

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ КАРСТОВЫХ РАЙОНОВ НА ОСНОВЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ОБ АККУМУЛЯЦИОННОЙ ЕМКОСТИ МАССИВА

А.В. Аникеев

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН; Уланский пер., 13, стр. 2, Москва, Россия.
E-mail: anikeev_alex@mail.ru

Самым общим результатом выноса несвязных и раздробленных связанных грунтов объемом ΔV из толщи с исходно невысокой пористостью p_0 является увеличение последней до среднего значения p в области деформирования объемом V_0 (рис. 1). Из уравнения баланса массы следует [6], что

а из опытов – что провал земной поверхности образуется только тогда, когда высота области V_0 достигнет мощности толщи h [4]. При этом для трех канонических схем на рис. 1 критический объем удаленного материала $\Delta V = V_{кр}$, равен:

$$V_{кр} = k\pi R^2 h/3, \quad (2)$$

$$V_{кр} = k\pi R^2 h, \quad (3)$$

$$V_{кр} = 4k\pi a^2 h/3, \quad (4)$$

где a – малая полуось “эллипсоида”, крайние значения которой x_1, x_2 ($x_1 \leq a \leq x_2$) определяются моделью зонального строения области влияния ослабленного участка массива [7].

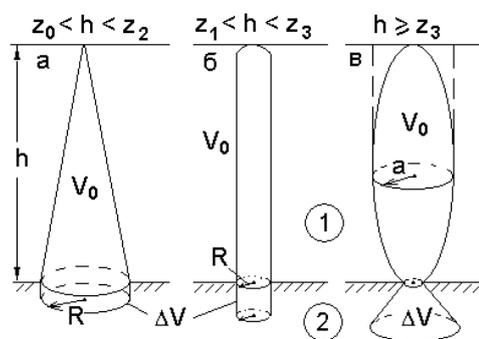


Рис. 1. К расчету критического объема грунта $\Delta V = V_{кр}$, вынос которого из области деформирования V_0 , аппроксимированной круговым конусом, цилиндром и эллипсоидом, приведет к провалам земной поверхности:
 1 – грунтовая толща, 2 – закарстованный массив, z_{0-3} – характерные отметки мощности в модели области влияния отверстия

Уравнение (1) и вытекающие из него зависимости (2)–(4) могут служить для оценки и прогноза самой возможности проявления карста на земной поверхности. Из них также следует, что $V_{кр} \rightarrow 0$ при $h \rightarrow 0$ и особенно при $R = D/2 \rightarrow 0$, так как объем $V_{кр}$ прямо пропорционален h и R^2 . Этим хорошо объясняется тот факт, что деформирование мощной покровной толщи и оседание большой площади поверхности происходят, как правило, в форме медленного прогиба с небольшой амплитудой, тогда как воронки появляются внезапно, могут быть очень глубокими и иногда возобновляются. Кроме того, $V_{кр} \rightarrow 0$ при $n_0 \rightarrow n$, что указывает на возможность просадок грунтов в отсутствие закарстованных отложений, например при увлажнении (лессы) или вибрации (рыхлые пески).

Большой опыт горных инженеров показывает, что три основные формы разрыхления (рис. 1) наблюдаются в самых разных породах – скальных, полускальных и дисперсных [1, 8–10, 12–15 и др.]. Их переход из монолитного в раздробленное состояние характеризуется коэффициентом разрыхления

$$K_p = \rho_m/\rho_p, \quad (5)$$

где ρ_m, ρ_p – исходная и насыпная плотности. При первоначальном обрушении он может изменяться в пределах $K_p = 1.08$ – 2.10 . Однако чаще всего его значения, при которых породы, разрушаясь, заполняют полое пространство и воспринимают на себя давление вышележащих пластов, составляют $K_p =$

воспринимают на себя давление вышележащих пластов, составляют $K_p = 1.15-1.80$. Выделяется также коэффициент остаточного разрыхления K_{op} , которым характеризуются раздробленные породы по истечении времени или в результате нескольких циклов обрушения. Он заметно меньше коэффициента первичного разрыхления: $K_{op} = 1.10-1.30$ [10, 16, 19].

Очевидно, что коэффициент $K_p = \rho_m/\rho_p = (1 - n)/(1 - n_0)$ связан с коэффициентом $k = (n - n_0)/(1 - n_0)$ в формулах (1)–(4) соотношением

$$K_p = k + 1. \quad (6)$$

Таким образом, рассмотренный подход к прогнозу провалов справедлив не только для районов покрытого, но и голого карста. Однако первым, кто предложил оценивать устойчивость массива растворимых отложений, сравнивая объем карстовой полости с объемом заполняющих ее при обрушении скальных пород, был, по-видимому, Г.М. Шахунянц [18].

Из сказанного выше следует, что в конечном итоге прогнозирование устойчивости грунтовой толщи сводится к определению аккумуляционной емкости подстилающих отложений, которая отражает их способность принимать и накапливать несвязные и раздробленные связные грунты. Понятие “аккумуляционная емкость”, введенное достаточно давно [4–6], предполагает зависимость этой характеристики ($V_a = \Delta V$) от многих условий и факторов, в том числе, от минерального состава, трещиноватости и растворимости закарстованных пород, режима и химического состава подземных вод. В первом приближении она равна

$$V_a = V_m(K_k + v_k \cdot T/\Delta h), \quad (7)$$

где V_m , Δh – объем массива пород, или области аккумуляции, в пределах которой может откладываться обломочный материал, и высота этой области ($V_m/\Delta h$ – ее средняя площадь); K_k – коэффициент открытой трещинно-карстовой пустотности; v_k – скорость карстовой денудации; T – рассматриваемый промежуток времени, которым в инженерной геологии обычно служит срок службы зданий и сооружений. Если $v_k \rightarrow 0$ и $v_k \cdot T/\Delta h \ll K_k$, то мы приходим к простейшему случаю:

$$V_a = V_m \cdot K_k. \quad (7a)$$

При $K_k = 1$ оценка величины V_a сводится к определению объема одиночной полости $V_a = V_m = V$ [2, 3, 17, 18], которой в массиве может и не быть.

Для условий, показанных на рис. 2, область аккумуляции представляет собой усеченный конус, и выражение (7a) принимает вид:

$$V_a = \pi m K_k [3D^2 + 2m \cdot \text{ctg} \varphi_o' (3D + 2m \cdot \text{ctg} \varphi_o')] / 12, \quad (7б)$$

где $m = \Delta h$ – мощность карбонатных пород, $D = 2R$ – диаметр или пролет ослабленного участка – входного в трещинно-поровое пространство отверстия, φ_o' – угол откоса песков под водой. При $D \ll m \cdot \text{ctg} \varphi_o'$ уравнение (7б) заметно упрощается:

$$V_a = \pi m^3 K_k \cdot \text{ctg}^2 \varphi_o' / 3. \quad (7в)$$

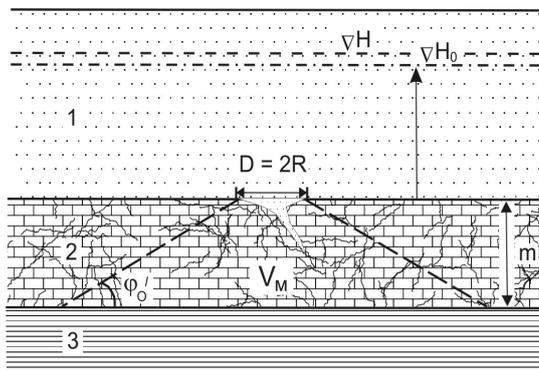


Рис. 2. К определению аккумуляционной емкости растворимых пород:

1 – пески, *2* – закарстованные известняки с маломощным глинистым элювием в кровле, *3* – глины тугопластичные, $H \geq H_0$ – уровни подземных вод, $D = 2R$ – диаметр (пролет) участка ослабления массива – входного (в область аккумуляции) отверстия; V_M , ϕ'_0 – угол откоса песков под водой

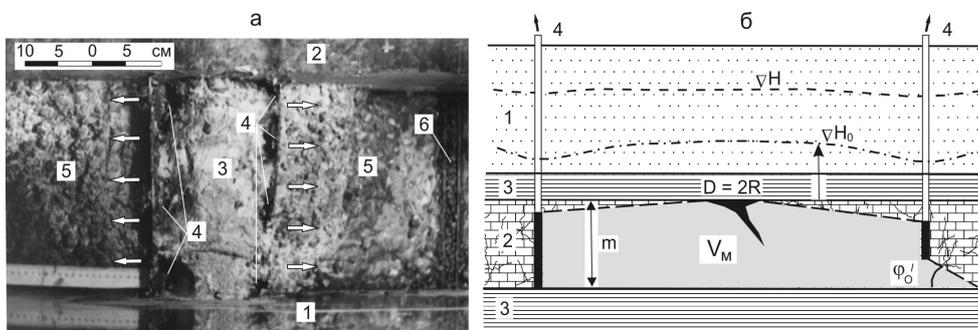


Рис. 3. Вид физической модели сверху после зачистки верхней песчаной толщи и экранирующего глинистого слоя, разрушенных в ходе опытов (а), и увеличение области аккумуляции V_M в результате интенсивной откачки трещинно-карстовых вод (б):

а: *1, 2* – лицевая и задняя стенки лотка; *3* – выполненный песком “палеоврез” (ослабленная зона); *4* – суффозионные полости; *5* – трещинно-поровое пространство “закарстованных пород”, запечатанное песчано-глинистым материалом; *б* – правая дрена для снижения напора воды (левая дрена на фотографии не видна); стрелками показано направление движения напорных вод, возникающего вследствие откачек; *б:* *4* – водозаборные скважины; остальные обозначения приведены на рис. 2

Если пьезометрическая поверхность трещинно-карстовых вод имеет заметный уклон, то их горизонтальная скорость велика, и угол при нижнем основании конуса V_M на рис. 2 в направлении движения воды будет значительно меньше, а в противоположном направлении – несколько больше ϕ'_0 , и V_a увеличится. При интенсивном отборе трещинно-карстовых вод, который характерен для урбанизированных территорий, объем V_M и, следовательно, емкость V_a возрастают очень сильно. На рис. 3, *а* видно, что после принудительного разрушения экранирующего слоя над системой суффозионных полостей и выноса несвязных грунтов верхней толщи в поровое пространство

слоя, имитирующего закарстованные породы, это пространство полностью кольматируется. При этом размеры области аккумуляции в массиве будут определяться положением эксплуатационных скважин в плане и глубиной интервала откачек (рис. 3, б). В пользу этого вывода свидетельствуют и результаты комплексного изучения суффозии на участке Замоскворецкой дренажной системы [11].

Обращает на себя внимание, что в бортах ослабленной зоны, несмотря на одинаковые задаваемые условия, возникают не суффозионные рвы, а полости (рис. 3, а). Наибольших размеров они достигают у стенок лотка, где и сформировались воронки на поверхности модели. Очевидно, это связано с тем, что на контактной поверхности работает лишь трение скольжения грунтов по стенке, которое заметно меньше угла их внутреннего трения. Именно снижением трения во многом объясняется образование провалов над подземными коллекторами или у колодцев и буровых скважин, а модельную ситуацию, показанную на рис. 3, а, с точки зрения геологического строения можно трактовать как пересечение погребенного эрозионного вреза разрывными тектоническими нарушениями.

В отличие от подработанных массивов, размеры довольно крупного полого пространства которых заранее известны, трещинно-карстовые коллекторы чаще всего представляет собой не вполне ясную даже с геометрической точки зрения систему связанных между собой небольших полостей. Математически строгое описание таких систем – задача чрезвычайно сложная. Если же кроме геометрии трещинно-порового пространства требуется учитывать растворимость пород и режим подземных вод, – сложная вдвойне. Тем не менее ставить и решать эту проблему нужно.

Другое серьезное отличие инженерной геологии карстовых районов от горного дела заключается в выборе и оценке величины коэффициента разрыхления. Если не рассматривать обрушение пород над крупной карстовой полостью, то в отличие от подработанных массивов маловероятно, что вынос обломочного материала в трещинно-поровом пространстве растворимых отложений будет сопровождаться его последующим уплотнением – статическим или динамическим. Скорее следует ожидать неограниченного увеличения пористости вынесенных грунтов на фоне роста области аккумуляции V_m (рис. 2, 3). В области V_0 (рис. 1) уплотнение возможно, однако появление провала, на наш взгляд, намного опасней его последующей эволюции, хотя бы потому, что мы знаем об этом и можем принять соответствующие тому или иному случаю меры защиты. Поэтому, используя зависимости (2) – (4) для оценки устойчивости потенциально опасных карстовых районов, следует ориентироваться на значения коэффициентов k или K_p , но не $K_{ор}$.

Таким образом, какими бы слабыми ни были грунты покровной толщи, каким бы сильным ни было техногенное воздействие, образование карстово-суффозионных воронок исключается, если аккумуляционная емкость растворимых пород недостаточно велика. Проблема ее оценки представляет сложную и далеко не решенную в настоящее время проблему, что не в последнюю очередь связано с высокой стоимостью глубокого бурения и недостаточной

разрешающей способностью геофизических методов исследований. Для ориентировочных оценок ее величины пригодны схемы, показанные на рис 2, 3(б), которые могут и должны быть модифицированы применительно к тем или иным инженерно-геологическим условиям. Оценив значение V_a и сопоставив его с объемом области деформирования V_0 , нетрудно ответить на вопрос, возможно ли проявление карста в грунтовой толще или на земной поверхности, и если возможно, то насколько сильным оно будет. Если нет, то воронки на поверхности имеют иной генезис. Однако для того, чтобы найти объем V_0 или выбрать одну из схем на рис. 1, нужно хорошо представлять себе закономерности и механизм провалообразования.

Литература

1. *Авершин С.Г.* Сдвигение горных пород при подземных разработках. М.: Углетехиздат, 1947. 245 с.
2. *Адерхольд Г.* Классификация провалов и мульд оседаний в карстоопасных районах Гессена. Рекомендации по оценке геотехнических рисков при проведении строительных мероприятий / Пер. с нем. В.В. Толмачева. Под ред. Е.В. Копосова. Нижний Новгород: ННГАСУ, 2010. 112 с.
3. *Андрейчук В.Н.* Провалы над гипсовыми пещерами-лабиринтами и оценка устойчивости закарстованных территорий. Черновцы: Изд-во "Прут", 1999. 52 с.
4. *Аникеев А.В.* Моделирование провалообразования в песчаной покровной толще закарстованного массива // Геологические исследования литосферы / Отв. ред. В.М. Моралев. М.: Наука, 1988. С. 52–56.
5. *Аникеев А.В.* Закономерности деформирования несвязных грунтов над карстовой полостью // Инженерная геология карста: Докл. Междунар. симпозиума. Т. 1. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1993. С. 67-72.
6. *Аникеев А.В.* Особенности разрушения влажных и водонасыщенных песков покровной толщи в карстовых районах // Геоэкология. 1995. № 1. С. 72-79.
7. *Аникеев А.В.* Суффозия. Механизм и кинематика свободной суффозии // Геоэкология. 2006. № 6. С. 544-553.
8. *Барановский В.И.* Влияние природных факторов на выбор способов разработки угольных пластов на глубоких горизонтах. М.: Госгортехиздат, 1963. 179 с.
9. *Глушко В.Т., Широков А.З.* Механика горных пород и охрана выработок. Киев: Наукова думка, 1967. 153 с.
10. *Казикаев Д.М.* Геомеханические процессы при совместной и повторной разработке руд. М.: Недра, 1981. 288 с.
11. *Котлов Ф.В.* Изменение природных условий территории Москвы под влиянием деятельности человека и их инженерно-геологическое значение. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 264 с.
12. *Куликов В.В.* Совместная и повторная разработка рудных месторождений. М.: Недра, 1972. 328 с.
13. *Петухов И.М., Линьков А.М., Фельдман И.А. и др.* Защитные пласты. Л.: Недра, 1972. 424 с.
14. *Порцевский А.К.* Геомеханическое обоснование выбора технологии подземной добычи руды с последующим использованием пустот. Автореферат дис. ... д.т.н. М.: РГГУ, 2006. 58 с.
15. *Стажевский С.Б.* К выбору формы и креплению выработок // ФТПРПИ. 1986. № 5. С. 27-32.

16. Турчанинов И.А., Иофис М.А., Каспарьян Э.В. Основы механики горных пород. Л.: Недра, 1977. 503 с.
17. Хоменко В.П. Карстово-обвальные процессы "простого" типа: полевые исследования // Инженерная геология. 2009. № 4. С. 40-48.
18. Шахуняц Г.М. Земляное полотно железных дорог. Вопросы проектирования и расчета. М.: Трансжелдориздат, 1953. 827 с.
19. Южанин И.А., Терлецкий А.М. К вопросу определения высоты зоны обрушения пород // Наукові праці УКРНДМІ НАН України. 2008. № 3. С. 122-127.

ВЛИЯНИЕ ПЛАНИРОВКИ НА ПЛОТНОСТЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО СМОГА МАЛЫХ ГОРОДОВ ПО ДАННЫМ КАРТИРОВАНИЯ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ

Е.В. Архипова¹, А.Д. Жигалин²

¹Международный университет природы, общества и человека «Дубна»,
141980, г. Дубна, Моск. обл., Университетский пр., 19. Email: olenageo@mail.ru

²Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, 101000, г. Москва, Уланский пер. 13, стр. 2.
Email: zhigalin.alek@yandex.ru

На современном этапе развития промышленного и городского строительства необходимо комплексно учитывать все геоэкологические особенности территорий, и, в частности, процессы геофизической природы. Одним из факторов, способным оказывать влияние на сохранность фундаментов зданий и подземных коммуникаций, а также на состояние окружающей среды и комфортность проживания населения, являются низкочастотные электромагнитные поля (ЭМП), создаваемые линиями электропередач, трансформаторными подстанциями, питающими линиями наземного и подземного транспорта и другими множественными и рассредоточенными источниками.

Проблема электромагнитного загрязнения окружающей среды возникла и приобрела особую значимость в последние десятилетия в связи с интенсивным развитием техносферы и резким ростом энергопотребления. Появление многочисленных электроприборов и устройств, широкое распространение коммуникаций, обеспечивающих транспортировку электроэнергии, и использование электричества в транспортной инфраструктуре привело к тому, что на территории современных городов электромагнитный смог распространен практически повсеместно. Термин "глобальное электромагнитное загрязнение окружающей среды" официально введен в 1995 г. Всемирной Организацией Здравоохранения (ВОЗ), включившей эту проблему в перечень приоритетных для человечества. В числе немногих всемирных проектов ВОЗ реализует Международный электромагнитный проект (WHO International EMF Project), что подчеркивает актуальность и особую значимость проблемы электромагнитного смога [1].

На современном этапе ведется активное исследование механизмов влияния электромагнитных полей на живые организмы и среду их обитания. Считается, что резкое и значительное повышение уровня ЭМП вызывает напряжение адаптационно-компенсаторных возможностей организма, а длительное действие этого фактора может привести к их истощению и необратимым последствиям на системном уровне. Реальные характеристики ЭМП в некоторых случаях превышают максимальный зафиксированный природный электромагнитный фон в 200-30000 раз, комплексно воздействуют на растительный и животный мир в городских поселениях. Длительное воздействие электромагнитных полей промышленной частоты на организм человека способно вызвать повышенное утомление, появление сердечных болей, нарушения функций центральной нервной, сердечно-сосудистой, эндокринной и других систем организма [2].

В настоящее время происходит накопление, обобщение и критическая оценка теоретического и экспериментального материала, разработка критериев экологического нормирования и нормативов для условий непрофессионального воздействия ЭМП. В странах, где проводятся обширные обследования населения, рекомендуется снижать ПДУ переменного магнитного поля в быту до 200-300 нТл. В России в непроизводственных условиях магнитная составляющая ЭМП низкой частоты в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц нормируется для видеодисплейных терминалов ПЭВМ, ПДУ значений магнитной индукции составляет 250 нТл [3].

С возрастом влияние источников электромагнитного загрязнения, а также с ростом уровня осведомленности об особенностях влияния ЭМП на организм человека, информация об их интенсивности и распределении в жилых кварталах городов становится все более востребованной. Целью работы стало выявление и сопоставление распределения плотности магнитной индукции на территории гг. Кимры и Дубна, расположенных на приграничной территории Московской и Тверской областей. Эти малые города сопоставимы по территории и количеству населения, но значительно отличаются по стилю городской планировки за счет историко-культурных особенностей, приведших к их становлению в статусе городов. Дубна представляет собой современный развивающийся наукоград с населением 75 тыс. человек, возникший вокруг Объединенного Института Ядерных Исследований и получивший статус города в 1956 г., Кимры – старинный русский город с населением около 50 тыс. человек, основание которого относят к 1546 г. Исследование распределения электромагнитных полей проводилось для двух центральных районов левобережной части г. Кимры, где современная инфраструктура, в основном, приспособляется к исторической планировке города, а также для одного из новых районов г. Дубна в районе ст. Б. Волга. Измерения магнитной составляющей электромагнитного поля производились в июле 2013 г. (г. Кимры, 1 р-н, г. Дубна, р-н ст. Б. Волга), и в июле 2014 г. (г. Кимры, 2-й р-н) в дневное время с 11 до 16 ч. при сходных погодных условиях. Измерения носили площадной характер и проводились по сетке с интервалом около 100 м². Замеры магнитной индукции выполнялись в частотном диапазоне

от 5 Гц до 2 кГц с помощью прибора ИМП-05/1, способного осуществлять прямые измерения магнитной индукции в реальном масштабе времени. По результатам измерений построены карты и профили, отражающие интенсивность распределения магнитной индукции.

В г. Дубна в р-не ст. Б. Волга установлено наличие фона переменных электромагнитных полей, но значения магнитной индукции, в основном, не превышали допустимой нормы в 250 нТл. Лишь на ул. Энтузиастов установлено значение 1960 нТл, создаваемое распределительной станцией (рис. 1). Процент значений, превышающих уровень в 250 нТл в изученном р-не г. Дубна, составил 2,3 % от общего числа замеров.

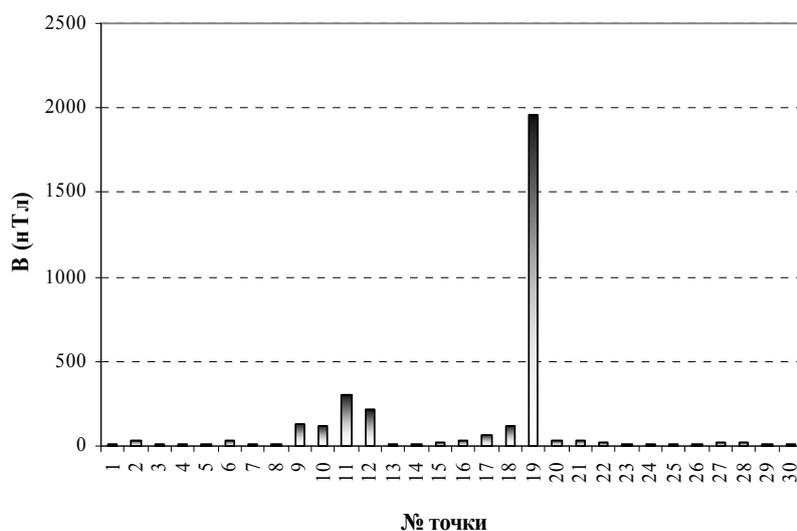


Рис. 1. Распределение магнитной индукции по профилю вдоль ул. Энтузиастов, г. Дубна.

На территории районов в г. Кимры значения, превышающие безопасный уровень в 250 нТл, встречаются чаще и составляют, соответственно 11, 6 % и 4,3% от общего числа замеров на территории первого и второго районов (рис. 2). О присутствии ощутимого фона техногенных ЭМП промышленной частоты 50 Гц свидетельствуют данные и по 1, и по 2 району (рис. 3). Около 27% значений в 1 районе и 32% во 2 районе превышают значения 100 нТл, среднее значение магнитной индукции для 1-го района составило около 88 нТл, а для 2-го – 96 нТл. Территория г. Кимры, отображенная на рис. 2 (1 р-н), характеризуется слабым и умеренным физическим воздействием. В экологическом состоянии среды этой территории по уровню магнитной индукции можно выделить 2 области. Первая область со значениями ниже 250 нТл находится в зоне экологической нормы с комфортными условиями жизнедеятельности человека (светлый фон), вторая область со значениями выше 250 нТл – в зоне экологического риска с дискомфортными условиями жизнедеятельности (темный фон).

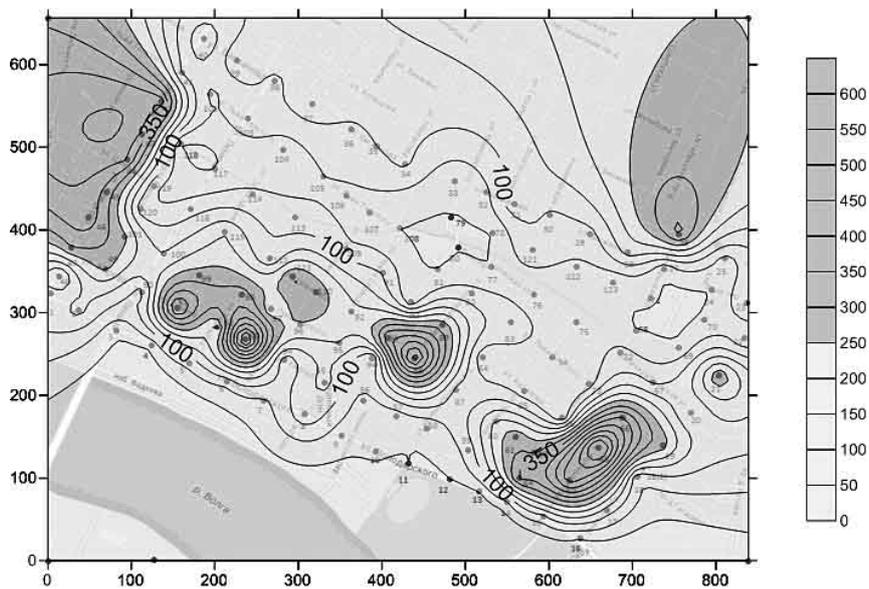


Рис. 2. Карта участков повышенной плотности магнитной индукции центрального левобережного р-на г. Кимры (р-н 1)

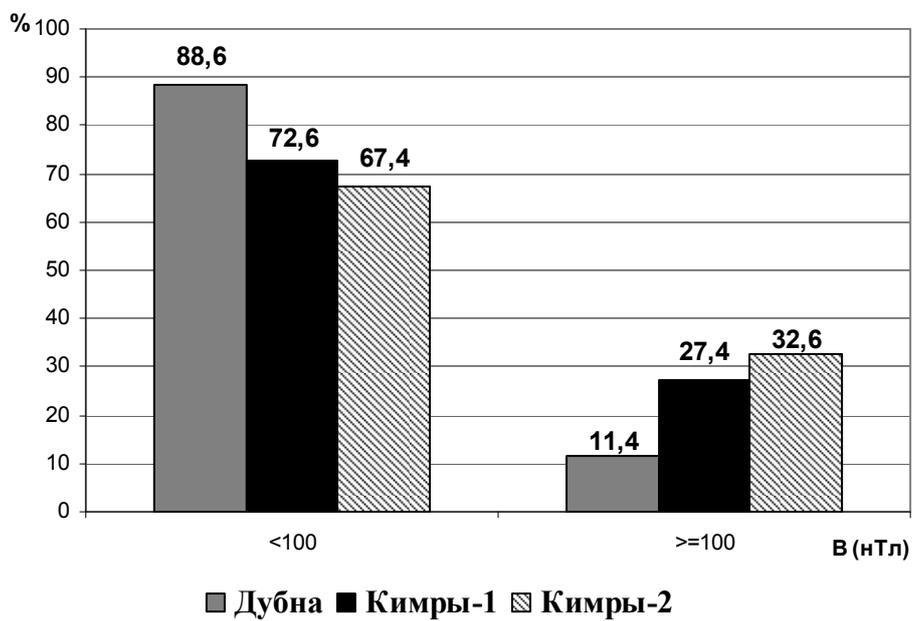


Рис. 3. Соотношение значений магнитной индукции слабого (<100 нТл) и ощутимого (>=100 нТл) уровня в гг. Кимры и Дубна

В итоге на территории обоих городов в пределах исследованных районов ощущается воздействие ЭМП, которое для большей части территории можно оценить как слабое или умеренное. Вместе с тем, часть значений все же выходит за рамки допустимых уровней магнитной индукции, что свидетельствует о снижении комфортности проживания вблизи выявленных объектов – источников ЭМП.

Сопоставлением наблюдений по территориям двух городов отмечена связь между возрастом жилых кварталов, плотностью городской застройки и уровнем ЭМП. Новый район г. Дубна является более благоприятным по сравнению с районами г. Кимры, где современная инфраструктура с большим числом объектов, потребляющих электроэнергию, приспособлена к старинной планировке городского центра с узкими улицами и высокой скученностью зданий.

Таким образом, выявление и количественная оценка параметров действующих на территории городов ЭМП и изучение их потенциального воздействия на человеческий организм необходимы для разработки рекомендаций по планировке будущих кварталов и улучшению существующей инфраструктуры городов и условий содержания промышленных, офисных и иных строений на их территории с учетом постоянного роста уровня энергопотребления.

Литература

1. Бичелдей Е.П., Меркулов А.В., Степанов В.С., Шенфильд Б.Е. Определение подходов к нормированию воздействия антропогенного электромагнитного поля на природные экосистемы // в сб. "Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений" // Сборник трудов. – М.: Изд-во РУДН, 2003. – С. 46-74.
2. Сулаберидзе В.Ш.. О проблеме нормирования ПДУ магнитных и электромагнитных полей от бытовых приборов индивидуального пользования http://n2.insu.ru/articles/arts/article_6.pdf.
3. СанПиН 2.2.2./2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

АНТРОПОГЕННОЕ ОПОЛЗНЕОБРАЗОВАНИЕ В СЕЛИТЕЛЬНЫХ ЛАНДШАФТАХ ШАТОЙСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Р.А. Гакаев

ФГБОУ ВПО «Чеченский государственный университет», 364056, Грозный, б-р. Дудаева, 17.
Email: rustam.geofak@yandex.ru

Шатойская котловина является частью одноименного оползневого района, одного из трех, находящихся в Чеченской Республике, с большим количеством небольших по своей площади населенных пунктов. Давность освоения территории Шатойской котловины и антропогенное воздействие на ландшафты района привели их к селитебности, с активно проявляющимися экзогенными геологическими процессами. В геоморфологическом отношении Шатойская котловина и окаймляющие ее горы, включают низкогорную (600–1200 м), среднегорную (1200–2000 м) и высокогорную (более 2000 м) зоны. К низкогорной зоне относятся лесистые хребты Черных гор, а также днища межгорных котловин и многих речных долин.

Формы рельефа, окаймляющие Черные горы, имеют в целом мягкие, плавные очертания, сильно расчленены промоинами, оврагами, балками, узкими ущельями боковых притоков главных рек.

Оползневый район занимает бассейны рек Аргун и Шаро – Аргун от с. Малые Варанды на севере до с. Дай – на юге, площадью равняется 200 км² (рис. 1). В структурном отношении район расположен в пределах Шатойской синклинали с падением глинистых пород палеогена под углом 11–14° в ее крыльях.



Рис. 1. Природные риски горной части Чеченской Республики
(в центре, оползневые участки Шатойской котловины) [3]

Как и вся область Черных гор, район находится в пределах территории с интенсивными неотектоническими поднятиями, с чем связана ее повышенная сейсмичность. В геологическом строении района принимают участие карбонатные породы верхнего мела, мергельно-глинистые отложения палеоцена и эоцена, а также мощная пачка преимущественно глинистых пород майкопской серии. Из четвертичных отложений в долинах рек развиты древнечетвертичные галечники, слагающие останцы высоких террас, иногда перекрытые делювиальными суглинками [1].

На структурно-тектонический рельеф Шатойской котловины большой отпечаток наложили эрозионно-денудационные, в том числе оползневые процессы. Оползни здесь распространены на всех склонах, сложенных глинистыми породами палеогенового и четвертичного возрастов, и отсутствуют на склонах, сложенных карбонатными породами верхнего мела. В оползневых смещениях принимают участие, как четвертичные делювиальные глинистые и суглинистые образования, так и породы коренной основы. Мощность захвата пород оползневыми смещениями может достигать 20 м и более [2].

Все оползни современные и чрезвычайно активные. Среди факторов, влияющих на образование и развитие оползней, важнейшую роль играет сейсмичность. Особенно интенсивным развитием характеризуются оползни на западном крыле синклинали, приуроченном к левому борту долины реки Аргун. Большое количество оползней развито в районе сел: Пхамтой, Шерипово, Варанды, Вашиндарой, Рядухой, Борзой, Сюжи и автодорог между населенными пунктами (рис.2,3). Характерным является развитие оползней на склонах с небольшой крутизной 8-10°. Оползневые смещения в селе Памятой происходят в четвертичных отложениях, представленных суглинками. Стенки срыва составляют от 10-15 см до 50 см. В селении Бугарой, на крупном оползневом массиве произошла незначительная активизация. Смещения произошли в четвертичных отложениях, площадь оползневых проявлений не превышает нескольких десятков квадратных метров.



Рис. 2. Оползни на окраине с. Шерипово



Рис.3. Деформация дороги оползневыми смещениями у с. Бугарой

Отдельные блоковые оползни наблюдаются в южной части Шатойской котловины. Они тяготеют к зоне контакта верхнемеловой известняковой плиты с нижнемеловыми аргиллитоподобными глинами и алевролитами.

Характерным для оползневого массива является его многоярусность. Бровка срыва оползней верхнего яруса проходит вблизи водораздела между реками Варанды и Сюжи на отметках от 900 до 1000 м. Здесь несколько ниже водораздельной линии на склоне с юго-запада на северо-восток протягивается полоса сопряженных между собой цирков, с почти вертикальными стенками высотой 10-20 м. В стенках срыва обнажаются тонкослоистые темные глины, переслаивающиеся с редкими прослоями песчаников и алевролитов, падающих на северо-восток под углом 10° . Смещение оползневых масс происходит по плоскости скольжения, образовавшейся в ослабленной зоне вероятно тектонического происхождения. В районе с. Редухой, на правом борту долины р. Варанды, наблюдается смещение пачек глины непосредственно по плоскостям напластования, т.е. развиваются оползни контактного типа. В стенках срыва здесь уже обнажаются ранее смещенные и раздробленные, влажные, пластичные темно-серые глины. По мере смещения пород к руслу р. Аргун пластичность пород возрастает и простые оползни превращаются в сложные оползни-потоки. Смещение оползневых масс здесь происходит с разной скоростью, так как на ряде участков имеется большое количество разрывных трещин, особенно на склонах круче 15° , а на пологих (крутизной 10°) участках склона наблюдается смятие пород и образование валов выпирания. На Дайском оползне отмечается подвижка в головной части, что приводит к продвижению с разрушением 20 м отрезка грунтовой дороги. Другая оползнеопасная зона охватывает область развития пород палеоцен-эоцена в нижних частях долины р. Аргун. По составу это мергели и глины фораминиферовой свиты, перекрытые на отдельных участках аллювиальными отложениями террасовых останцов нижнеплейстоценового возраста на левобережье (районов с. Борзой) и верхнего плейстоцена – на правобережье р. Аргун. Пораженность зоны оползнями составляет 30%, а преимущественным развитием пользуются пластические деформации в покровных делювиально-элювиальных образованиях. Два пластических оползня в бассейне р. Вердыэрк сформировались как соскальзывающие на согласных с падением пород склонах.

Оценивая геологические условия района, необходимо отметить, что незатронутыми оползневыми процессами остались узкие водораздельные участки между крупными балочными и речными системами, а также некоторые участки высоких террас, сложенных галечниками [4].

Ввиду того, что ряд факторов регионального характера (неотектонические поднятия, эрозия, сейсмичность) продолжают интенсивно влиять на рельефообразующие процессы в настоящее время, в естественных условиях не наблюдаются стабилизация оползней.

Необходимо также отметить, что для исследуемого района характерно развитие оползней, образование и развитие которых обусловлено воздействием, главным образом, региональных факторов, таких как: глинистый состав пород, физико-химические и деформационные особенности пород, обуслав-

ливающие их способность к быстрому разуплотнению и разупрочнению, неотектонические движения, донная и боковая эрозия, сейсмичность и гидрометеорологические факторы. Оползни данного района характеризуются большой активностью и поэтому играют важную роль среди современных рельефообразующих процессов.

Основными видами антропогенной деятельности, прямым или косвенным образом влияющими на развитие оползневого процесса в котловине, представляются следующие:

- нарушение исторически сложившейся структуры расселения населения, планировки населенных пунктов;
- строительство новых населенных пунктов, прокладка линейных объектов и инженерных коммуникаций;
- изменение ландшафтной обстановки, интенсивная вырубка леса и кустарников на водоразделах и склонах.
- перегрузка склонов отвалами земляных работ, строительными и другими материалами, а также весом самих возводимых сооружений.
- уменьшение устойчивости горных склонов пород после уничтожения древесной растительности или вследствие неправильного сельскохозяйственного использования склонов.

Антропогенное воздействие осуществляется двумя путями. Это нарушение самой геологической структуры, изменение ее динамического состояния, возможное формирование ослабленных зон и изменение сейсмической обстановки территории с одной стороны и, с другой стороны, влияние техногенной нагрузки в результате сооружения инженерных коммуникаций, вспомогательных объектов, грейдерных и асфальтированных дорог, вибрации. Второй фактор стоит наряду с остальными факторами хозяйственной деятельности и может рассматриваться с ними совместно.

Территория подвержена тем или иным видам хозяйственной деятельности, что заставляет предельно внимательно относиться к антропогенному фактору оползнеобразования. Отмечается пространственная взаимосвязь отдельных факторов человеческой деятельности и развитием оползней. Значительное число поселений Шатойской котловины размещено на древнеоползневых массивах или временно стабилизировавшихся оползнях, что уже представляет для них оползневую опасность. Эта опасность резко увеличивается в результате нерациональной хозяйственной деятельности человека, к которой можно отнести массовую вырубку деревьев и кустарника, уничтожение дернового покрова, грубое нарушение правил строительства индивидуальных домов, неправильный выбор участков под строительство, распашка склонов и земляные работы в непосредственной близости от зданий и сооружений; строительство зданий тяжелой конструкции на оползнеопасных склонах и в непосредственной близости от них, хаотичность застройки поселков и отсутствие поверхностной водосточной сети в них, подрезка склонов при ремонте и восстановлении автодорог.

Литература

1. Гакаев Р.А. Условия и факторы развития оползневых процессов в Северо-Восточном Кавказе. Материалы III НПК «Экологические проблемы. Взгляд в будущее». Ростов-на-Дону, 2006.
2. Гакаев Р.А. Ландшафтно-климатические особенности оползнеобразования в Чеченской республике. Материалы докладов 15-й международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2008», МГУ им. М.В. Ломоносова.
3. Доклад «О состоянии окружающей среды Чеченской республики в 2008 г.» комитет правительства Чеченской республики по экологии. Грозный, 2009.
4. Отчет по результатам проведения специализированных инженерно-геологических исследований в зоне катастрофической активизации оползневых процессов в ЧАССР в 1989 г. Т. 4. Грозный, 1990.

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ КАРСТОПРОЯВЛЕНИЙ НА ОПОРНОМ УЧАСТКЕ В ЮГО-ЗАПАДНЫХ ОКРЕСТНОСТЯХ г. ДЗЕРЖИНСКА

Р.Б. Давыдько

ОАО «Противокарстовая и береговая защита», Нижегородская область,
г. Дзержинск, ул. Гастелло, д. 10/15. E-mail: mike5319@rambler.ru

Важнейшие работы которые должны выполняться в рамках карстологического мониторинга в районе г. Дзержинска и других районов области, с целью прогноза развития карста, к сожалению, в течение многих лет не проводятся, так как не получают поддержки, как со стороны администрации г. Дзержинска, так и области.

Тем не менее, карст в районе г. Дзержинска продолжает динамично развиваться, о чем свидетельствует ежегодное образование в г. Дзержинске и его окрестностях многочисленных деформаций земной поверхности карстового и техногенно-карстового происхождения (рис. 1, 2). Карстовые деформации (провалы, просадки и т.п.) в последние годы практически не отслеживаются, а учет их с целью прогнозирования карстопроявлений, к сожалению, не ведется, несмотря на то, что это крайне необходимо, учитывая дальнейшее интенсивное освоение территории городского округа г. Дзержинска, в котором сравнительно много карстоопасных участков. Важным условием освоения новых территорий является предупреждение возникновения в них карстовых деформаций, особенно на участках активного карстопроявления.

В связи с этим встал вопрос о выделении на наиболее активном участке развития карстопроявлений – опорной площадки (полигона), для проведения ежегодных карстологических наблюдений (карстологического мониторинга). Этот участок должен быть одним из наиболее чувствительных по воздействию природных процессов на карст, где влияние техногенных факторов минимально.



Рис. 1. Деформации основания здания в результате периодически повторяющихся просадок (Прибрежный микрорайон г. Дзержинск)



Рис. 2. Провал техногенно-карстового происхождения (Прибрежный микрорайон г. Дзержинск)

Одним из таких участков, которому в наибольшей степени в отдельные годы уделялось внимание, особенно в начальный период исследований карста, является участок активного развития карста, расположенный в 250 м северо-западнее п. Желнино, на северном побережье оз. Плотинка (юго-западные окрестности г. Дзержинска). Здесь в 1954 г. была проведена де-

тальная карстологическая съемка И.А. Саваренским [2], результатом которой было выявлено и описано 41 карстовая воронка. Была также проведена топо-съемка этого участка в масштабе 1:1000. В центре участка, с целью изучения его геологического строения, было пробурено 5 скважин № 21-25, которые вскрыли преимущественно песчаные четвертичные отложения мощностью от 26 до 34 м. Ниже залегают сильно размытые пермские отложения уржумского и казанского ярусов, которые подстилаются сульфатными породами сакмарского яруса, в верхней части закарстованными. Пройденная мощность закарстованных пород до 3-х метров. Все 5 скважин пробуренные на полуострове вскрыли открытые и заполненные карстовые полости.

Осмотр этого участка, проведенный в 2008-2014 гг. показал значительные изменения карстового рельефа (появление новых карстовых воронок, изменение морфологического облика многих старых воронок) за прошедшие более 58 лет, с момента проведения первых карстологических исследований. По последним данным почти ежегодно на данном участке образуются новые карстовые деформации земной поверхности (провалы и просадки) (рис. 3). Поэтому данный участок заслуживает внимания с целью дальнейшего наблюдения за развитием на нем карстовых форм и прогноза динамики их развития, что позволит с дальнейшим развитием сети опорных участков развития карста в районе г. Дзержинска давать вероятные прогнозы развития природных карстово-суффозионных процессов в районе г. Дзержинска и его окрестностях на ближайшие годы и даже десятилетия. Это крайне важно не только для перспективного развития города, но и для совершенствования методики оценки карстовой опасности.



Рис. 3. Карстовый провал в северо-западных окрестностях п. Желнино (2009 г.)

В геоморфологическом отношении исследуемая площадка расположена на второй надпойменной террасе р. Оки и занимает северный участок побережья оз. Плотинка на границе с третьей надпойменной террасой. Сам опор-

ный участок представляет собой вытянутый в северо-восточном направлении своеобразный полуостров, окруженный с южной и восточной стороны водами озера Плотинка, с западной – заболоченным пространством, поросшим осокой и березняком. Полуостров представляет собой довольно высоко приподнятый над уровнем водной поверхности озера (на 8 м) песчаный бугристый массив, поросший на большей части участка, старым сосновым лесом с примесью мелколеся сосны, березы и кустарников. Длина полуострова составляет – 0,4 км. Средняя ширина – 0,15 км. Площадь участка – 0,06 км². Полуостров преимущественно в своей центральной части осложнен многочисленными карстовыми воронками свежими и старыми, диаметром от 1 до 21 м и глубиной от 0,2 до 5 м и многочисленными просадками диаметром менее 1 м, которые на первом этапе работ пока не исследовались.

Рассматриваемый опорный участок относится к Желнинской территории развития карста площадь которой составляет ~1,0 км². Согласно «Карте районирования г. Дзержинска по карстоопасности для целей разработки генерального плана развития города» данная территория развития карста относится ко II категории устойчивости по интенсивности провалообразования: $\lambda = 0,1$ до $1,0$ пров./год·км² и категории «В» по средним диаметрам ($d = 8$ м). Карстоопасная территория охватывает северные и южные окрестности п.Желнино в том числе и значительный участок жилых строений. На этой территории отмечено большое количество карстовых воронок, провалов и понижений неясного происхождения. Следует, однако, отметить что упомянутая «Карта районирования...» построена на данных исследований поверхностных карстопроявлений преимущественно середины прошлого века, когда более или менее регулярно осуществлялись мониторинговые обследования территории г. Дзержинска и его окрестностей. Поэтому эта карта нуждается в существенной корректировке. Лучший вариант – создание новой «Карты районирования...».

По нашим данным за период 1954 по 2012 гг. на опорном участке, на территории площадью 0,06 км², возникло 14 новых карстовых провалов, т.е. провалы возникали периодически примерно 1 раз в 4,2 года.

Если принять, что величина интенсивности образования провалов λ есть величина постоянная, то она для опорного участка площадью 0,06 км² составляет 0,24 пров./год·км². Если расчет интенсивности провалообразования делать на данном участке согласно «Карте районирования...», где $\lambda = 0,1-1,0$ пров./год·км², то интенсивность провалообразования на исследуемой площадке (с учётом ее площади) должна быть равной до 0,06 пров./год·км². Здесь мы видим явное несоответствие интенсивностей провалообразования, которые непосредственно определены для данного опорного участка с интенсивностями, которые показаны на «Карте районирования г. Дзержинска...».

Таким образом, на этом участке развития карста по сравнению в целом с остальной закарстованной территорией района п. Желнино интенсивность карстообразования примерно в четыре раза выше. Видимо это следует учитывать при микрорайонировании закарстованных территорий.

Одна из задач, которая стояла при исследовании поверхностных проявлений карста на опорном участке – оценка изменения динамики развития поверхностных проявлений карста за период 1954-2012 г.г. Для этого был применен вероятностно-статистический метод, где определялось принадлежность двух выборок к одной генеральной совокупности и где сравнивались диаметры 41 карстовой воронки 1954 г. и такого-же количества встреченных воронок в 2012 г. Расчеты проводились по «Методике статистической обработки эмпирических данных» [1] с использованием программы Excel. Отбирались две выборки объемом N_1 (диаметры карстовых воронок 1954 г.) и объемом N_2 (диаметры карстовых воронок 2012 г.). Далее определялась принадлежность 2-х выборок к одной генеральной совокупности. По результатам расчетов было определено, что различие между выборками практически отсутствует. Значит существенного отклонения в динамике развития карста на опорном участке, если судить только по этим результатам, за период 1954-2012 гг. очевидно не произошло.

Однако по построенным гистограммам распределения глубин карстовых воронок, по данным 1954 г. и современным измерениям, отмечено заметное их различие. Так, например, по данным 2012 г. гораздо большее количество воронок с интервалами глубин от 1 до 4 м, при явном уменьшении воронок с глубинами до 1 м. Встречена постоянно развивающаяся воронка глубиной до 7 м. Воронок с такой глубиной по данным И.А. Саваренского [2] в 1954 г. не было. Средняя глубина воронок увеличилась с 1,55 м до 1,71 м.

Средний диаметр карстовых воронок по данным 1954 г. состоял 8,28 м, по данным 2012 г. – 8,24 м, что говорит практически о неизменности этого параметра. Однако средняя глубина воронок увеличилась почти на 0,2 м, причиной которой возможно является образование новых воронок и просадок на старых карстовых воронках.

Изменение параметров глубин карстовых воронок и появление многочисленных просадок, которые не были отмечены в исследованиях И.А. Саваренского в 1954 г. очевидно связано с некоторым усилением в последнее время карстово-суффозионных процессов, которое зависит в первую очередь от режима колебания уровней грунтовых и трещинно-карстовых вод.

Литература

1. Методика статистической обработки эмпирических данных. М., 1966.
2. *Саваренский И.А.* Полевой дневник. 1954. Фонды ОАО «Противокарстовая и береговая защита».

ОЦЕНКА РИСКА РАЗВИТИЯ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ г. МОСКВЫ ПРИ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ

Ю.К. Егоров¹, О.В. Зеркаль^{1,2}, М.В. Кири¹, Е.Н. Самарин^{1,2}

¹ ГАУ «Мосгосэкспертиза», 125047, Москва, ул. 2 Брестская, д. 8.

E-mail: Egorov.YK@mge.mos.ru, Kirin.MV@mge.mos.ru.

² Геологический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы, д. 1.

Введение. На современном этапе одной из основных черт развития крупных мегаполисов, включая г. Москву, является расширение объемов строительства комплексов высотных зданий и сооружений (как отдельно стоящих, так и их комплексов) с фундаментами глубокого заложения (более 15 м, а в отдельных случаях – до 30 м) значительной площади (до десятков тысяч м²). Вторым аспектом, присущим освоению геологической среды на территориях крупных мегаполисов, является практика все более широкого вовлечения в хозяйственный оборот участков, которые ранее рассматривались в качестве "неудобий", т.е. участков малопригодных или непригодных к освоению из-за высокого риска развития опасных геологических процессов. При этом, зачастую, основными критериями при выборе участков планируемого строительства являются функциональное назначение проектируемого объекта, его привязка к существующей городской инфраструктуре. Во многих случаях при принятии решений не учитываются ни особенности геологического строения территории, ни наличие возможных условий для развития или активизации опасных геологических процессов.

Опасные геологические процессы на территории г. Москвы. Территория г. Москвы в геологическом отношении характеризуется высокой степенью изученности. Первые научные сведения о геологическом строении региона были получены в сороковых годах XIX в. и опубликованы в работах Оливьери (1844) и С. Rouiller (1845) [3]. В 1897 г. Геолкомом издается Геологическая карта окрестностей г. Москвы, составленная С.Н. Никитиным, а в 1907 г. выходит геологическое описание, подготовленное А.П. Павловым. В 30-40-е гг. прошлого столетия исследования геологического строения территории г. Москвы связаны с именем Б.М. Даньшина [3, 4].

Следует отметить, что длительное время в центре внимания проводимых инженерно-геологических исследований было, в первую очередь, выявление особенностей строения верхней части геологического разреза – соотношение стратиграфо-генетических комплексов четвертичных отложений, ареалы развития меловых, средне-верхнеюрских и верхнекаменноугольных образований, подстилающих четвертичную толщу, предопределенных историей геологического развития региона. Значительное внимание также уделялось

оконтуриванию разновозрастных палеодолин, в пределах которых отмечалась существенная изменчивость геологического разреза.

Первоначально, до конца 60-х гг. XX в., в работах по оценке инженерно-геологических условий на территории г. Москвы при характеристике опасных геологических процессов основное внимание уделялось оползневым процессам. Считалось, что "в общем, карст в условиях Москвы нельзя считать угрожающим физико-геологическим явлением", т.к. "карст здесь малоактивен" (с. 121, [7]). Формирование в 1969 г. сразу двух провальных воронок, явившихся причиной разрушения жилого здания, в корне изменило существовавшие представления и дало толчок к изучению развития карстовых и карстово-суффозионных процессов в пределах г. Москвы [8].

Позднее, выходит целая серия сводных работ, обобщающих сведения об особенностях геологического строения, инженерно-геологических условий, анализирующих, в том числе, развитие опасных геологических процессов на территории города [1, 2, 7, 9]. К 2010 г. завершается составление Карты крупномасштабного инженерно-геологического районирования территории г. Москвы (в масштабе 1 : 10 000), в основу которой был положен комплект из 8 аналитических карт, характеризующих современное состояние геологической среды [10].

Изучение геологического строения территории г. Москвы, выполнявшееся многими исследователями на протяжении XX в., позволило очертить круг геологических опасностей, характерных для рассматриваемого региона [5, 6, 11]. Было выявлено, что геологический риск экономических и социальных потерь при освоении и использовании территории г. Москвы, связан преимущественно с развитием карстовых, карстово-суффозионных и суффозионных процессов, оползнеобразованием, овражной и речной эрозией, а также подтоплением территорий [5, 11].

Оценка геологических рисков при инженерных изысканиях. Выполненное на основе экспертного анализа более 230 участков проектируемого строительства¹ обобщение результатов оценки инженерно-геологических условий, полученных за последние 6 лет при проведении изысканий, в значительной мере подтвердило необходимость оценки геологических опасностей и геологического риска при обосновании освоения территории в пределах г. Москвы. Проанализированная выборка участков изысканий охватывает изученные площадки, расположенные практически во всех выделенных на территории г. Москвы инженерно-геологических районах. В связи с этим, можно говорить о достаточной представительности результатов проведенного обобщения. Следует указать, что только для порядка 1,3% участков проектируемого строительства на территории г. Москвы характерно отсутствие развития (прогнозируемого развития) опасных геологических процессов (рис. 1).

¹ В связи с особенностями взаимодействия с геологической средой сооружений, возводимых при освоении подземного пространства, анализируемая выборка не включает участки проектируемого строительства метрополитена.

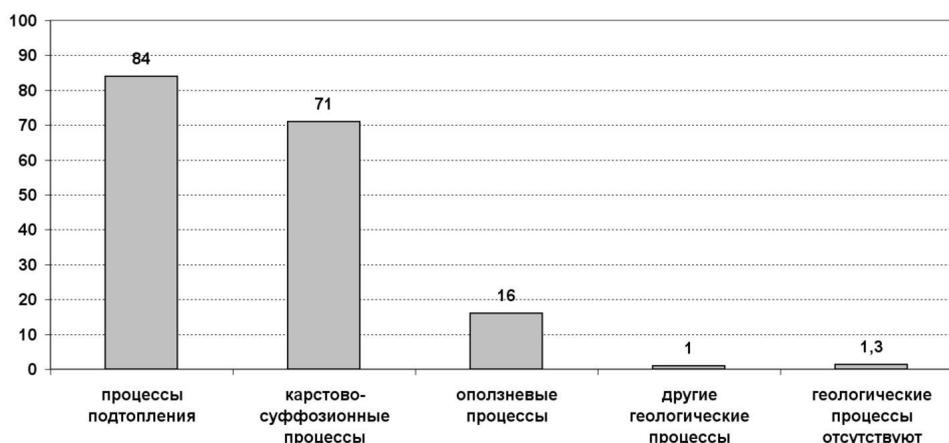


Рис. 1. Распределение типов геологических и инженерно-геологических процессов, выявленных на площадках изысканий (в % от общей выборки)

Из рассмотренной выборки, для порядка 84% участков проектируемого строительства при изысканиях была выявлена геологическая опасность, обусловленная развитием процессов подтопления. При этом, для более 55% участков развитие процессов подтопления было характерно уже до начала хозяйственного освоения, т.е. изучаемая территория изначально располагалась в пределах зон развития процессов подтопления.

Геологические опасности, обусловленные развитием карстовых, карстово-суффозионных и суффозионных процессов были отмечены для порядка 71% рассмотренных участков проектируемого строительства. Следует отметить, что в пределах порядка 24% участков при изысканиях были выявлены существующие проявления карстовых, карстово-суффозионных и суффозионных процессов (открытые, частично или полностью закольматированные полости, зоны оседаний и аномального геологического строения, в т.ч. зоны разуплотнения грунтов, участки поглощения подземных вод и т.д.), характеризующиеся различными размерами, в отдельных случаях сопоставимыми с размерами проектируемых зданий. Проявления карстовых, карстово-суффозионных и суффозионных процессов характеризуются различными стадиями развития и степенью активности, среди которых можно выделить:

- палеоформы, перекрытые недеформированными мезозой-кайнозойскими образованиями;
- реликтовые формы, перекрытые ненарушенными средне-верхнечетвертичными и/или голоценовыми отложениями;
- карстовые и карстово-суффозионные формы, перекрытые деформированными мезозойскими и четвертичными образованиями, но при этом не имеющие признаков современной активности;
- участки активного современного развития карстовых, карстово-суффозионных и суффозионных процессов.

В отдельных случаях, преимущественно на участках, располагающихся вблизи бортов палеодолин, были выявлены частично или полностью закольматированные полости значительной протяженности, являющиеся, по-видимому, древними карстовыми пещерами.

Геологическая опасность, вызванная развитием оползневых процессов, была выявлена при инженерных изысканиях в пределах ~16% участков проектируемого строительства. Необходимо указать, что в пределах порядка 1/3 участков, где при изысканиях было отмечено наличие оползневых процессов, склоны находились в нестабильном состоянии уже до начала хозяйственного освоения, т.е. изучаемая территория изначально располагалась в пределах зоны существующей опасности воздействия оползневых процессов. Еще для 17% участков проектируемого строительства был характерен дефицит устойчивости (относительно величин коэффициента устойчивости, определяемых СП 116.13330.2012 [13] для сооружений соответствующего уровня ответственности).

Для ~1% участков проектируемого строительства были описаны другие геологические опасности, связанные с развитием эрозионных процессов, процессов неравномерной осадки грунтов и т.д.

Следует отметить, что для большинства (более 63%) участков проектируемого строительства характерно сочетание двух типов геологических опасностей, как правило, обусловленных развитием карстово-суффозионных процессов и процессов подтопления (рис. 2). В пределах 32,5% участков проектируемого строительства фиксируется развитие только одного типа опасных геологических процессов. Для более 4% участков проектируемого строительства из состава проанализированной выборки отмечается сочетание трех типов геологических опасностей.

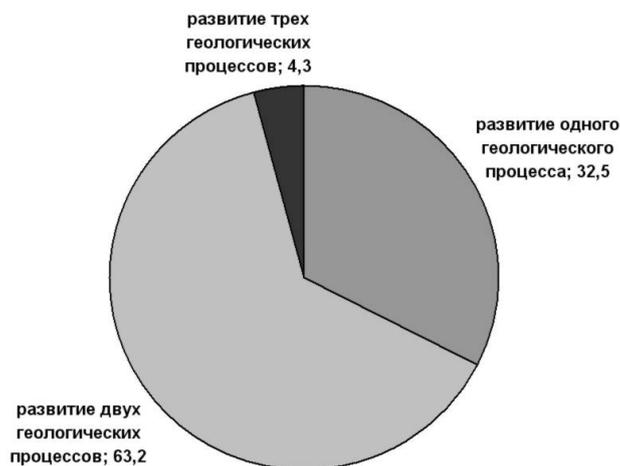


Рис. 2. Распределение интенсивности развития геологических и инженерно-геологических процессов, выявленных на площадках изысканий (в %)

Заключение. Несмотря на существенные достижения в развитии современных технологий строительства, в настоящее время по-прежнему актуально проведение комплексной оценки инженерно-геологических условий осваиваемых территорий, включающей:

- детальную характеристику инженерно-геологических условий на участках строительства;
- анализ существующих и потенциальных геологических опасностей, среди которых в условиях г. Москвы существенную роль играют карстовые и карстово-суффозионные, оползневые процессы и процессы подтопления, относимые к особым типам воздействия на здания и сооружения [12].

Представляется целесообразным выполнить актуализацию существующих и разработать новые территориальные нормативные документы, учитывающие особенности геологического строения и возможности развития опасных геологических процессов для территории города Москвы.

Литература

1. Геоэкология Москвы: методология и методы оценки состояния городской среды / Отв. ред. Г.Л. Кофф, Э.А. Лихачёва, Д.А. Тимофеев. – М.: Медиа-ПРЕСС, 2006. – 200 с.
2. Голодковская Г.А., Лебедева Н.И. Инженерно-геологическое районирование территории Москвы//Инженерная геология, 1984. – № 3. – С. 87-102
3. Даньшин Б. М. Геологическое строение и полезные ископаемые Москвы и ее окрестностей. – М.: МОИП, 1947. – 307 с.
4. Даньшин Б.М., Головин Е.В. Москва. Геологическое строение // Тр. Ин-та геологии и минералогии и Моск. гидрогеолого-геодезического треста. – 1934. – Вып. 10(6). – 93 с.
5. Инструкция по инженерно-геологическим и геоэкологическим изысканиям в г. Москве. – М., 2004. – 64 с.
6. Инструкция по проектированию зданий и сооружений в районах г. Москвы с проявлением карстово-суффозионных процессов. – М., 1984. – 14 с.
7. Котлов Ф.В. Изменение природных условий территории Москвы под влиянием деятельности человека и их инженерно-геологическое значение. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 263 с.
8. Кутепов В.М., Кожевникова В.Н. Устойчивость закарстованных территорий. – М.: Наука, 1989. – 151 с.
9. Москва: город и геология / Под. ред. В.И. Осипова, О.П. Медведева. – М.: «Моск. учебники и картография», 1997. – 400 с.
10. Осипов В.И., Бурова В.Н., Заиканов В.Г. и др. Карта крупномасштабного (детального) инженерно-геологического районирования территории г. Москвы // Геоэкол., Инж.геол., Гидрогеол. Геокриол. – 2011. – №4. – С. 306-318.
11. Рекомендации по оценке геологического риска на территории г. Москвы. – М.: Правительство Москвы, Москомархитектура, 2002.
12. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия (Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*). – М., 2011. – 80 с.
13. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения (Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003). – М., 2012. – 60 с.

ПРАКТИКА ОЦЕНКИ ЭКОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДОВ

А.Д. Жигалин¹, Е.В. Архипова²

¹ Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, 101000, Москва, Уланский пер., 13, стр.2.
E-mail: zhigalin.alek@yandex.ru

² Международный университет природы, общества и человека «Дубна»,
141980, Дубна Моск. обл., Университетский пр., 19. E-mail: olenageo@mail.ru

Урбанизация стала доминирующей демографической тенденцией конца XX века. Нарастание процесса урбанизации получило название «Городской революции». Только за двадцать лет с 1950 по 1970 гг. прирост численности горожан в мире был немногим меньше, чем общее число городских жителей за всю предыдущую историю человечества, а за последующие 20 лет численность городского населения увеличилась еще на две трети. Всего же за вторую половину прошлого века численность городского населения мира выросла почти в три раза, и в первой четверти XXI в. тенденцию к дальнейшему значительному росту городского населения сохраняется. В первой четверти XXI в. к 2025 г. прогнозируется рост городского населения до 5056 млн. человек, что может составить более 60% жителей планеты.

В нашей стране к началу 1990-х годов было около 170 городов с населением свыше 100 тыс. человек. В 1897 г. в России было 2 «города-миллионера», в 1959 – 3, в 1989 – 12. По данным переписи 1989 г. в «городах-миллионерах» проживало 22,3 % населения страны.

Города, в силу особенно высокой территориальной концентрации населения и экономики, сосредоточивают и основную часть промышленно-экономического потенциала. Нерегулируемое развитие городских агломераций ведет к ряду негативных последствий: загрязнению окружающей среды, перегрузке транспорта, острому дефициту земельных, водных и энергетических ресурсов и др.

В пределах городских территорий формируются особые эколого-геофизические условия: температура воздуха всегда несколько превышает среднюю температуру в данном регионе, раньше тает весной и позже ложится осенью снег, не вовремя зеленеют растения. В городах всегда несколько более высокий, сравнительно с фоновым, шумовой фон, вследствие чего формируются «упрощенные и обедненные» сообщества фауны и флоры. Высокое энергопотребление приводит к формированию электромагнитного загрязнения. Таким образом, проживание в городах предопределяет наличие определенного риска повышенного техногенного физического (энергетического) воздействия на живые организмы и, главное, на население. Источниками, способствующими созданию техногенного физического загрязнения, являются все машины и механизмы, использующие электрическую, тепловую

или механическую энергию, а также транспортные средства и электронные устройства.

Предлагаемое сообщение преследует цель показать, где и когда городской житель может ощутить на себе такого рода воздействие. Содержательная часть сообщения основана на результатах недавних (2013-2014 гг.) измерений характеристик акустического (шумового) поля в слышимом и инфразвуковом частотном диапазонах, радиационного поля, а также магнитной составляющей переменного электромагнитного поля в диапазоне промышленных частот. Измерения проводились студентами Международного университета «Дубна» (Н. Дмитрук, Я. Веселова) и Московского государственного геологоразведочного университета (Е. Шерстюк), которым авторы выражают большую благодарность.

Наиболее тесным для городского жителя, как в быту, так и на производстве оказывается взаимодействие с электромагнитными полями искусственного происхождения. Установлено, что при достаточно высоком уровне физического (энергетического) загрязнения воздействие электромагнитных полей может негативно сказываться на состоянии человека, приводя к снижению иммунитета его организма и вызывая функциональное расстройство нервной, эндокринной, репродуктивной и других жизненно важных систем. В условиях производства «общение» человека с электромагнитными полями обычно регламентируется санитарными нормами, но в остальных случаях, а это две трети времени суток, контрольные функции отдаются в руки обывателя. В силу этого представление реальных величин параметров электромагнитного поля в сопоставлении с «разрешенными» их значениями вызывает большой интерес.

Контрольные измерения уровня электромагнитного поля проводились в 2013-2014 гг. в производственных помещениях и помещениях заводоуправления Савеловского машиностроительного завода (СМЗ, г. Кимры), а также в учебных аудиториях, лабораториях и административных помещениях университета «Дубна» и в одном из жилых домов (г. Дубна). Результаты измерений приведены в табл. 1.

Результаты проведенных измерений показали, что основными источниками «избыточного» электромагнитного поля, способствующими формированию электромагнитного загрязнения с превышением допустимого уровня в 250 нТл, являются: энергопотребляющее производственное оборудование в цехах СМЗ, оргтехника, компьютеры (в основном, с ламповыми мониторами), лабораторное оборудование в непромышленных помещениях СМЗ и университетских учебных помещениях и лабораториях. В жилых домах такими источниками являются, как правило, стиральные машины, электрические плиты, СВЧ-печи и холодильники.

Помимо электромагнитного загрязнения, в городах следует помнить о существовании таких экологообразующих факторов, как радиационное и акустическое (шумовое) поля. Воздействие такого рода «раздражителей» на живые организмы вызывает реакцию, сходную с реакцией на остальные виды техногенного физического воздействия. Источники полей указанных видов,

в принципе, известны. Они достаточно типичны для всех городов, больших и малых. Это, в первую очередь, городской транспорт, который функционирует практически круглосуточно, лишь иногда с перерывом от 2 часов ночи до 4-6 утра. Радиационное поле, по большей части, представляет собой фоновый уровень для данного района, изредка осложняемый в силу специфических условий.

Таблица 1

Уровень электромагнитного воздействия на различных городских объектах

Место измерения	Уровень электромагнитного поля, нТл		
	Производственное предприятие	Учебное заведение	Жилой дом
Рабочие места	90-1600		
Административные помещения	90-220		
Вспомогательные помещения	130-220		
Аудиторные и лабораторные помещения		20-1100	
Административные помещения		110-550	
Вспомогательные помещения		200-800	
Жилое помещение			60-210
Кухонное помещение			160-270
Прочие помещения			70-140
Допустимая норма	250	250	250

Измерения радиационного поля, проводившиеся в гг. Дубна, Кимры, а также в Москве, показали, что фоновая величина ионизирующего излучения (измерялась мощность дозы гамма-излучения в приземном слое атмосферы на высоте 1,0-1,5 м) практически везде, за чрезвычайно редкими исключениями, «укладывалась» в предусмотренные нормативными документами 0,20 мкЗв/ч (20 мкР/ч). В редких случаях результаты измерений приближались к санитарному пределу и даже его превышали (0,17-0,19 и 0,24-0,25 мкЗв/ч), однако, в среднем уровень радиации характеризовался мощностью экспозиционной дозы 0,08-0,14 мкЗв/ч. Это показывает, что «открытых» источников ионизирующего излучения в гг. Дубна и Кимры, а также и в столице нет, хотя известно, что в этих городах существует большое число объектов, где используются радиоактивные материалы.

Результаты измерения акустического (шумового) поля оказались в достаточной мере предсказуемы и отображали, как правило, характерные особенности существующих транспортных потоков. Измерения проводились в

дневное время при наибольшей плотности автомобильного движения, и полученные результаты «вписывались» в уже известную информацию по этому вопросу.

Оригинальным материалом, который представлен в данной работе, являются результаты комплексных геофизических измерений в метрополитене, который по градостроительным канонам является атрибутом «городов-миллионеров». Измерения проводились на трех ветках Московского метрополитена, которые пересекают территорию мегаполиса в трех направлениях: с севера на юг – Серпуховско-Тимирязевская линия, с северо-запада на юго-восток – Таганско-Краснопресненская линия и с северо-востока на юго-запад – Сокольническая линия. На каждой из станций указанных линий с соблюдением идентичности места и методики наблюдений оценивался уровень электромагнитного поля (магнитной индукции в частотном диапазоне 5 Гц-2 кГц), радиационного поля на самих станциях и на поверхности, а также акустического поля в двух частотных диапазонах – слышимом и инфразвуковом. Результаты измерений представлены в таблице 2 в сопоставлении с данными о глубинах заложения станций (в абсолютных отметках).

Таблица 2

**Уровень воздействия физических полей на станциях
Московского метрополитена**

Название линии	Глубина заложения, м	Физическое поле				
		магнитное, нТл	радиационное, мкЗв/ч		акустическое, дБ	
			внизу	вверху	акуст. диапа-зон	инфра-звук. диапа-зон
Сокольническая	+10 - -42	150-1500	0,08-0,16	0,09-0,18	63-74	66-79
Серпуховско-Тимирязевская	+10- -60	890-1600	0,10-0,21	0,10-0,19	76-85	78-100
Таганско-Краснопресненская	0- -51	660-1820	0,08-0,25	0,06-0,18	70-95	71-101
Допустимая норма		250	0,20	0,20	65	65

Приводимые в табл. 2 данные показывают, что только поле ионизирующих излучений «укладывается» в разрешенные нормативные рамки как внизу, на станциях, так и вверху около входа на станции. Что касается электромагнитного и акустического полей, то в электромагнитном поле наблюдается превышение нормы приблизительно в 2-5 раз, а в акустическом до 1,5 раза в слышимом диапазоне и до 2,0 раз в инфразвуковом диапазоне.

Таковы эколого-геофизические реалии, с которыми приходится считаться населению больших и малых городов и которые можно рассматривать, если вспомнить об одном из экологических законов Коммонера, платой за удобство жить и работать в городе. Возникает вопрос: можно ли что-то пред-

принять, чтобы снизить уровень стресса, заметно или нет возникающего вследствие возрастающего техногенного физического воздействия? Скорее всего, да, но он не может быть простым и однозначным, поскольку речь должна вестись о достижении компромисса между городской техносферой (инфраструктурой) и городским социумом с его стремлением к комфортной жизни.

Но некоторые рекомендации все-таки можно предложить. На производстве следует, например, выбирать рациональный режим работы оборудования, оптимизировать расположение рабочих мест, а также маршруты передвижения персонала на безопасных расстояниях от источников ЭМП. В бытовых условиях следует более внимательно относиться к инструкциям, в которые указаны меры, обеспечивающие безопасность при использовании бытовой техникой. При этом надо постоянно контролировать состояние используемой электротехнической и электронной аппаратуры и заботиться о ее обновлении.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ В ЗОНЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ОПАСНЫХ И КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

В.Г. Заиканов, Т.Б. Минакова, Е.В. Булдакова, И.Н. Заиканова

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Уланский пер., д.13, стр.2.
E-mail: direct@geoenvironment.ru

При разработке генпланов городов в зоне проявления опасных и катастрофических природных процессов геоэкологическая оценка приобретает особую значимость, так как именно они являются основным негативным фактором для развития городов. При этом геоэкологическую оценку целесообразно производить в два этапа: анализ современного (существующего) состояния с разработкой рекомендаций для проектирования по защите территории от воздействия опасного процесса и оценка с этих позиций предлагаемых проектных решений. Примером такого подхода может служить двухэтапная геоэкологическая оценка плана развития территории Дальнереченского ГО, результаты которой отражены в утвержденном Генплане округа.

Дальнереченский городской округ расположен в центре Приморского края в 4-х км от китайской границы, проходящей по р. Уссури. Регион расположен в северной части Приханкайской впадины, в долинах рек Уссури и Б. Уссурки. Большую часть региона занимают низменные аккумулятивные плоские и слабоволнистые, неглубоко расчлененные равнины с единичными останцовыми сопками или грядами холмов. Вся территория Дальнереченско-

го округа лежит в пределах одного ландшафта – долины р. Уссури, которая здесь имеет довольно сложное строение.

Данная территория характеризуется хорошо развитой речной сетью. Ее пересекают приток Б. Уссурки – р. Малиновка с левым притоком р. Кедровка и р. Белая, и правыми притоками р. Уссури – р. Дегтярка, руч. Каменушка. Большие пространства низких и высоких пойм рек Уссури, Большая Уссурка, а также малых рек заняты болотами.

В результате продолжительных интенсивных муссонных ливней здесь формируются половодья, затапливающие большую часть рассматриваемой территории. Низменный рельеф пойм рек и их высокая обводненность способствуют развитию подтопления, в том числе на застроенных территориях. Выход воды на пойму происходит ежегодно, а при высоких и катастрофических паводках (1 раз в 5-6 лет) зоны затопления смыкаются.

Таблица 1

Изменения продолжительности и абсолютных экстремальных уровней подъема воды в реках Дальнереченского округа (по гидрометеорологическим постам Графское, Роцино и Ракитное)

Показатели	1991-1996	1997-2001	2002-2007	2008-2013
Продолжительность паводков, сут.	3 (от 1 до 9)	3 (от 1- до 12)	2 (от 1 до 7)	5 (от 1 до 6)
Уровни подъема воды на реках, м				
Уссури	4,4-5,6	4,3-6,4	4,4-6,5	4,7-5,1
Б. Уссурка	3,7-5,1	3,8-5,0	3,4-5,1	3,8-4,9
Малиновка	2,9-3,9	2,9-4,2	2,9-4,2	2,9-3,8

Площадь затопления паводковыми водами составляет около 7 тыс. га, в том числе 7% промышленная и 15% жилищная (в основном усадебная) застройка. Территория округа защищена от паводков дамбами и насыпями автомобильных и железных дорог. Однако обеспеченность защиты недостаточная из-за незавершенности строительства, низких отметок гребней дамб обвалования, их размывом. Кроме того, ситуация осложняется, в связи с нагорным стоком с южной водосборной площади пригородной территории и стоком с городской территории, которые аккумулируются внутри одамбованных польдеров при закрытых затворах на шлюзах-регуляторах до окончания паводка.

На ухудшение геоэкологического состояния геосистем рассматриваемой территории, кроме указанных выше климатических особенностей, негативное влияние оказывают инженерно-геологические процессы (49% в общей геоэкологической оценке), из них более половины приходится на затопление. Проявление других процессов связано в основном с деятельностью поверхностных вод: заболачивание, подтопление и береговые процессы. Активному заболачиванию на 1/3 площади рассматриваемой территории способствует плоский слабо дренируемый рельеф, гидрологические особенности речной

сети, имеющей основное питание за счет муссонных дождей и наличие в верхней части геологического разреза пойм слабофильтрующих отложений суглинистого и глинистого состава. В оценке от воздействия природных процессов на долю этого процесса приходится 22%.

Инженерно-геологическими изысканиями выявлен в центральной части города песчано-илистый слой мощностью 8-15 м, относимый к слабым водонасыщенным грунтам, имеющих плавунные свойства.

В поймах на застроенных территориях распространено подтопление, которое усугубляется утечками из водонесущих коммуникаций и отсутствием ливневой канализации на части городской территории.

Сильное меандрирование рек в равнинной части территории предопределило активное развитие береговых процессов, протяженность берегов им подверженных изменяется от нескольких десятков метров до 1 км, реже более. Доля ущерба от этого процесса в общей геоэкологической оценке, как и подтопления и эрозии, распространенной на склонах сопков, менее 1%.

Следствием этого является сложная конфигурация округа. Кроме самого г. Дальнереченск, территория которого разобрана и представлена пятью удаленными от центра до 10 км участками, занимающими возвышенные места. Кроме того, в округ входит еще несколько поселков. Плотность застройки изменяется от 75% в центральной части города до 40% на периферии. К городу примыкают сельскохозяйственные земли, а с запада леса.

В настоящее время комфортность территории Дальнереченского городского округа существенно снижена из-за бессистемного использования земель и лесов, других видов антропогенного воздействия, а также активно развивающихся природных процессов. Это привело со временем к утрате его изначально высокого природно-ресурсного потенциала.

Рассматриваемая территория представлена в основном террасами и поймами рек, в пределах которых выделилось 26 ландшафтно-геоэкологических участков (ЛГУ), площадь которых изменяется в десятки раз: средняя площадь ЛГУ на террасах р. Уссури – 1500 га, на террасах малых рек она в два раза меньше [1].

В структуре геоэкологической оценки на поймах р. Уссури преобладает воздействие природных процессов. На малых реках озрастает роль антропогенного воздействия, а значения доли оценки воздействия природных процессов на их террасах и поймах близки.

Сумма балльных оценок по каждому ЛГУ, относимая к единице его площади в целях сопоставимости результатов расчетов, отражает уровень их геоэкологической стабильности [2]. ЛГУ, характеризующиеся минимальной стабильностью или минимальной нестабильностью, занимают более половины рассматриваемой территории. Они приурочены к первым террасам рек Большая Уссурка, Малиновка, Кедровка и Дегтярка или к их поймам. У большинства этих ЛГУ причина низкой стабильности в ежегодном затоплении территории. Это является существенным ограничением для хозяйственного развития территории. Два ЛГУ находятся на границе перехода в разряд нестабильных и четыре ЛГУ на поймах р. Уссури и Дегтярки характери-

зуются нестабильностью из-за затопления или антропогенного воздействия. Они занимают 18% общей площади рассматриваемой территории. По итогам геоэкологической оценки территория Дальнереченского ГО относится к числу минимально стабильных.

Геоэкологическая оценка территории выявила ряд природных и техногенных ограничений территориального развития округа. Так, развитие городской застройки возможно в ЛГУ с высоким и средним уровнем геоэкологической стабильности, а также за счет строительства коттеджных поселков на новых не затопляемых площадях.

Предлагаемая в генплане Дальнереченского городского округа стратегия развития рассматриваемой территории, состоящая в переходе к инновационному социально-ориентированному типу развития в сельскохозяйственной и пищевой отраслях, деревоперерабатывающей промышленности и логистики, связанной с транзитным положением округа, разработка титаново-вольфрамовых месторождений и др. представляется проблематичным из-за низкой природной стабильности территории. Так из-за социально-экономических факторов: вырубку лесов, периодическое затопление сельскохозяйственных угодий, недостаток рабочей силы и др.

Для стабильного развития ГО первоочередной задачей является ремонт прорывов и строительство новых дамб, подготовка оснований под новое строительство, берегоукрепительные и мелиоративные работы и т.д. При строительстве сооружений и инженерных сетей в центральной части города необходимы специальные методы укрепления грунтов, в связи с выявленным здесь песчано-илистым слоем большой мощности, относимым к слабым водонасыщенным грунтам, переходящим при механическом воздействии в плавун.

Таблица 2

Изменение оценок воздействия природных процессов по ЛГУ Дальнереченского городского округа при реализации проектных решений

Ландшафт	Количество ЛГУ	Оценка современного воздействия природных процессов по ЛГУ (балл/га)	Оценка проектного воздействия природных процессов по ЛГУ (балл/га)
Вторая терраса р. Уссури	3	0,11	0,10
Первая терраса р. Уссури	5	0,41	0,25
Высокая пойма р. Уссури	5	2,31	2,31
Низкая пойма р. Уссури	3	3,15	3,15
Первая терраса малых рек	7	1,06	0,59
Пойма малых рек	2	1,84	1,41
Крупные массивы болот	1	2,91	2,33
Всего ЛГУ, средние оценки по территории округа	26	1,24	1,10

В утвержденном варианте Генплана Дальнереченского городского округа учтены результаты проведенной современной и проектной геоэкологических оценок, проведенных на основе геосистемного принципа. Благодаря тому, что Проектом предусматривается строительство новых дамб и целый комплекс природозащитных и природовосстановительных мероприятий, существенно будут изменяться показатели оценки воздействия природных процессов в сторону уменьшения (см. табл. 2).

Результаты оценки показали, что для данной территории перспективно развитие индустрии туризма. Главной особенностью географического положения Дальнереченского ГО является его близость к российско-китайской границе, а также развитость транзитно-транспортной сети. Через город проходит Транссибирская магистраль и автомобильная трасса федерального значения Хабаровск-Владивосток (М-60). Рассматриваемая территория обладает богатым исходным природно-ресурсным потенциалом, особенно водным и рекреационным. Уникальный растительный и животный мир Приморского края имеет высокую научно-познавательную ценность. Таежные ландшафты, прилегающие к городу, позволяют развивать спортивно-охотничий туризм. Не менее уникальна флора с позиции собирательского туризма. Благодаря близлежащим месторождениям минеральных вод и целебных грязей возможна организация лечебно-оздоровительных отдыха. Кроме того, на данной территории немало экзотических объектов, памятников истории и культуры. Реконструкция рекреационного хозяйства в ветвь всероссийской специализации может оказаться более рентабельным, чем изъятие природных ресурсов. При осуществлении рекреационно-предпринимательской деятельности на современном уровне, отвечающем требованиям международных стандартов, иностранный туризм мог бы обеспечить значительный приток валюты. Развитие туризма потребует восстановления сельского хозяйства пригородного типа для обеспечения продукцией не только своих жителей, но и гостей округа.

Таким образом, геоэкологическая оценка позволила откорректировать основное направление экономического развития данной территории, находящейся в зоне проявления опасных и катастрофических процессов – это индустрия туризма и транзитная роль г. Дальнереченска.

Литература

1. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б., Заиканова И.Н., Булдакова Е.В., Сависько И.С. Геоэкологическое обоснование генпланов городов (на примере ГО Дальнереченск) // Роль инженерной геологии и изысканий на предпроектных этапах строительного освоения территорий / сб. науч. тр. Сергеевские чтения. Вып. 14. М.: РУДН. 2012. С. 105-109.
2. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б. Геоэкологическая оценка территорий. М.: «Наука», 2005. 319 с.

ОПОЛЗНЕВЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ ЗАСТРОЕННОЙ ЧАСТИ ТЕРРИТОРИИ г. ТБИЛИСИ

У.И. Звиададзе, М.Л. Мардашова

Грузинский Технический Университет, 0175, Тбилиси, ул. Костава 77.
E-mail: u_zviadadze@gtu

Территория и окрестности г. Тбилиси расположены в зоне среднего течения р. Мтквари (Кура), основной водной артерии Закавказья. Морфологические особенности территории предопределены северо-восточными оконечностями Триалетского хребта, являющегося основным звеном Складчатой зоны Малого Кавказа [1].

Начиная от поселка Загеси, р. Мтквари течёт в близмеридиональном направлении и делит город на правобережную и левобережную части. Правобережная, более возвышенная часть, представляет собой совокупность хребтов и депрессий широтного простирания, в то время как левобережье по морфологии резко отличается, характеризуясь более мягкими, сглаженными очертаниями рельефа.

«Узкие приречные полосы земли, по которым сейчас пролегают набережные, – это партер. Террасы, застроенные домами, – это амфитеатр, а сами горы можно сравнить с галёркой, откуда открывается вся своеобразная, неповторимая, единственная в своём роде панорама г. Тбилиси – столицы Грузинской ССР, одного из древнейших и крупнейших городов Советского Союза» [5]. Эти слова, заимствованные из туристического путеводителя г. Тбилиси, наглядно показывают природную красоту г. Тбилиси, однако реальность, увиденная с профессиональной точки зрения, абсолютно другая. «В частности, под этой словесной образной картиной геоморфологии территории города скрываются многообразие, сложность, специфичность, неоднородность, изменчивость природных условий и протекающих естественных процессов, которые определяют инженерно-геологические условия территории, столь важных для реконструкции города и его развития» [2]. На сей раз речь идёт об оползнях, которые особенно часто и интенсивно проявляются в условиях сильно пересеченного рельефа и сложного геологического строения местности, характерным примером чего может послужить территория столицы Грузии – Тбилиси. В пределах одного из престижных районов застроенной части города – Ваке широко развиты четвертичные грунты, генетически представленные делювиально–пролювиальными, озерно-болотными, озерными, засоленными и макропористыми разностями. В границах города, на территории вышеуказанного района, протекает один из правых притоков р. Мтквари – р. Вере. Правый склон ущелья р. Вере, в полосе от ул. Тамарашвили до главного корпуса Тбилисского государственного университета (ТГУ) изобилует оползнями, причем потенциальное местоположение плоскости отрыва проходит примерно посередине проспекта Ильи Чавчавадзе (рис. 1).



Рис. 1. Ситуационный план оползневых участков на правом берегу р. Вере

На правом берегу р. Вере как и на большей части территории города, коренное ложе представлено полускальными породами верхнеэоценового терригенного флиша, литологически сложенного чередованием грубослоистых серых песчаников с относительно тонкослоистыми загипсованными аргиллитами темно-коричневого цвета. В пределах вышеуказанной оползневой полосы правобережья р. Вере коренные породы перекрыты, хотя и не повсеместно, довольно мощной толщей озерных отложений, которые, в свою очередь, перекрываются пролювиально-делювиальными переотложенными галечниками, суглинками, супесями и глинами. Литология здесь пёстрая, с частыми переслаиваниями и выклиниванием отдельных маломощных прослоев, однако в целом, толща пролювиально-делювиального покрова, мощность которого местами достигает 15 м, подвержена оползевым подвижкам [3]. В качестве практического примера ниже приводится схематический профиль на створе одного из оползневых участков, сложенного пролювиально-делювиальными грунтами значительной мощности (рис. 2). Примечательно, что падение пластов коренных пород на правом склоне ущелья р. Вере совпадает с падением склона, что наряду с другими естественными и искусственными факторами, благоприятствует возникновению оползневых явлений именно на правом берегу реки, в то время, как левый берег в этом отношении находится вполне надёжном состоянии. В данном случае оползень принадлежит к типу ассеквентных оползней, сложенных в основном однородным делювиальным грунтом [4].

Плоскость скольжения с допустимой погрешностью принята за круглоцилиндрическую. Не вдаваясь в подробности расчёта устойчивости склона, отметим, что примыкание кромки плоскости отрыва к 4-х этажному жилому дому создавало непосредственную угрозу его разрушения. С целью стабилизации оползня были приняты радикальные меры – возведена массивная желе-

зобетонная стена протяжённостью более 50 м, фундированная в коренных породах на глубине 12 м. Образовавшаяся в результате оползания склона полость была заполнена привозным грунтом, а созданный искусственный склон засажен растительностью с глубокой корневой системой.

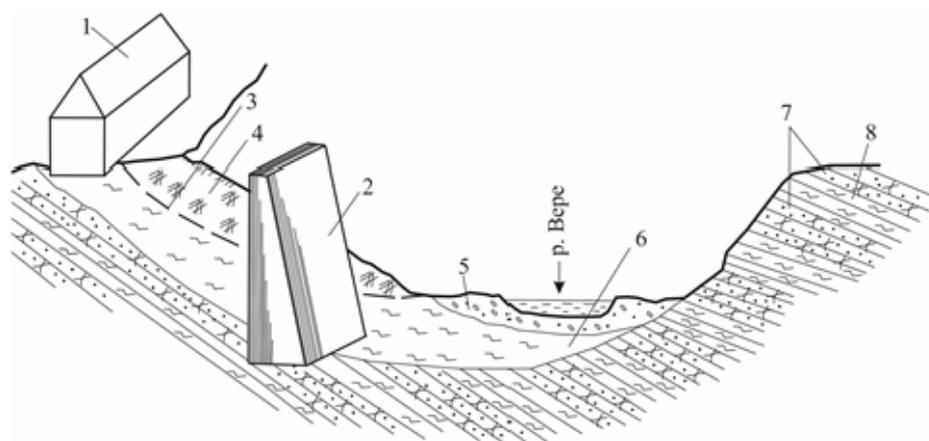


Рис. 2. Схематический профиль на створе оползня:

1 – жилой дом; 2 – противооползневая бетонная стена; 3 – плоскость скольжения; 4 – оползневое тело; 5 – аллювий р. Вере; 6 – озерные ленточные глины желто – палевого цвета; 7 – твёрдые песчаники серого цвета; 8 – гипсоносные аргиллитоподобные глины

В настоящее время, в условиях строительного бума в г. Тбилиси, происходит интенсивное освоение под строительство вышеуказанной «капризной» полосы с игнорированием реальной угрозы, рассмотренной в данном сообщении. Печальные последствия игнорирования инженерно-геологической обстановки местности налицо уже сегодня, а в дальнейшем они несомненно будут приумножаться.

Литература

1. Геология СССР. Том X. Грузинская ССР / ред. П.Д. Гамкредидзе. М.: Изд-во «Недра», 1964.
2. Джапаридзе Г.В. Инженерная геология. Тбилиси. Изд.: «Сабчота Сакартвело», Тбилиси, 1984. 155 с.
3. Мардашова М.Л., Звиададзе У.И. Оригинальный метод расчёта оползневых склонов (на примере территории г. Тбилиси, Грузия). Труды Международной конференции по геотехнике – «Развитие городов и геотехническое строительство». Т. 3. Санкт-Петербург, 2008.
4. Саваренский Ф.П. Инженерная геология. Изд. 2-е. М.: ГОНТИ, 1939.
5. Хуцишвили Г.В. Тбилиси. Малый туристический путеводитель. Тбилиси: Изд-во «Сабчота Сакартвело», 1978.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕТОДА РЕГИСТРАЦИИ МИКРОСЕЙСМ ДЛЯ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧНОСТИ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

М.Д. Кауркин, Д.О. Андреев

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва, Уланский пер., д. 13.
Email: igelab@mail.ru

Согласно справочнику терминов МЧС России (опубликованному на сайте www.mchs.gov.ru) природно-техногенная опасность – это ситуация в техногенной, природной и природно-техногенной сфере (среде), в которой при определённых условиях возможно возникновение угрозы аварий и катастроф. Эти виды опасностей с позиций техногенной безопасности создают риски техногенных аварий и катастроф, определяя иницилирующие факторы (техногенного, природного и природно-техногенного характера), сценарии развития техногенных катастроф, каскадные переходы аварийных и катастрофических ситуаций из техносферы в природную среду и наоборот. Землетрясения являются одним из видов природно-техногенной опасности, которые при определенных условиях приобретают характер катастроф с большими разрушительными последствиями и многочисленными человеческими жертвами.

Около 40% территории России, на которой проживает более 20 миллионов человек, является сейсмически опасной (вероятность землетрясений с интенсивностью более 6 баллов). Отдельно стоит отметить, что множество особо ответственных объектов, таких как атомные электростанции, гидроэлектростанции и др., расположены в зонах высокой сейсмической опасности. В качестве примера можно привести Чиркейскую ГЭС, Миатлинскую ГЭС, Саяно-Шушенскую ГЭС, Билибинскую АЭС, Нововоронежскую АЭС, Кольскую АЭС и др.

Поэтому развитие методов сейсмического микрорайонирования является задачей важной не только в плане научных исследований, но для обеспечения безопасности особо ответственных объектов. Существуют следующие методы сейсмического микрорайонирования: метод регистрации землетрясений; метод регистрации взрывов; метод сейсмических жесткостей; расчётный метод; метод регистрации микросейсм

Кратко охарактеризуем каждый из приведенных методов.

Метод регистрации землетрясений.

Заключается в регистрации землетрясений на участках с различными инженерно-геологическими условиями. Оценка приращения сейсмической интенсивности определяет формула:

$$\Delta J = 3,3 I_g \frac{\bar{A}_t}{A_g}, \quad (1)$$

где ΔJ – приращение сейсмической интенсивности (в баллах); \overline{A}_i – средняя амплитуда колебаний на исследуемом участке; \overline{A}_e – средняя амплитуда колебаний на эталонном участке.

Главное достоинство метода заключается в том, что производится регистрации землетрясений непосредственно на площадке исследования, поэтому полученные результаты наиболее достоверны. Отрицательной стороной метода является ограниченная возможность применения, связанная с низким количеством землетрясений, а в некоторых районах и с полным их отсутствием.

Метод регистрации взрывов

Метод основан на регистрации взрывов (промышленных или заранее подготовленных), которые в определенной степени моделируют землетрясение. В результате метод применяется на площадках с низкой сейсмической активностью или с высоким уровнем техногенных помех.

Метод сейсмических жесткостей

Приращений сейсмической интенсивности по методу сейсмических жесткостей определяется при помощи сравнения значений сейсмических жесткостей изучаемых и эталонных грунтов с учетом влияния обводненности разреза и возможных резонансных явлений.

$$\Delta J = \Delta J_c + \Delta J_\beta + \Delta J_{рез} , \quad (2)$$

где ΔJ – суммарное приращение сейсмической интенсивности (в баллах) относительно исходной (фоновой) балльности; ΔJ_c – приращение сейсмической интенсивности за счет различия сейсмической жесткости грунтов на изучаемом и эталонном участке; ΔJ_β – приращение сейсмической интенсивности за счет обводнения (водонасыщения) грунтов на изучаемом участке; $\Delta J_{рез}$ – приращение сейсмической интенсивности за счет возможного возникновения резонансных явлений

Приращение сейсмической интенсивности за счет различия грунтовых условий ΔJ_c определяется по формуле

$$\Delta J_c = 1,67 \lg \frac{\overline{V}(p, \hat{a})_y \cdot \overline{\rho}_y}{\overline{V}(p, s)_i \cdot \overline{\rho}_i} , \quad (3)$$

где $\overline{V}(p, \hat{a})_y$ и $\overline{V}(p, s)_i$ – средневзвешенные значения скоростей распространения продольных или поперечных волн для расчетной толщи грунтов на эталонном и исследуемом участке; $\overline{\rho}_y$ и $\overline{\rho}_i$ – средневзвешенные значения плотностей грунтов для расчетной толщи на эталонном и исследуемом участке.

Преимущество метода заключается в возможности применения его в районах с низким уровнем сейсмичности. Из недостатков можно отметить снижение точности по сравнению с методом регистрации землетрясений.

Расчетный метод

Метод применяется для решения задач сейсмического микрорайонирования, связанных с прогнозом поведения грунтов при землетрясении. В ре-

зультате расчетов получают спектральные характеристики и синтетические акселерограммы для различных моделей исследуемой среды.

Метод регистрации микросейсм

В настоящее время для решения задач сейсмического микрорайонирования широкое распространение получил метод регистрации микросейсм, который основывается на измерении естественного микросейсмического поля. К сожалению, одной из особенностей урбанизированных территорий является высокий уровень техногенных помех. Метод регистрации микросейсм выгодно отличается от других методов возможностью применения в условиях техногенных помех.

Среди методик обработки результатов регистрации микросейсм можно выделить следующие:

1. Метод Накамура [3] который выражается формулой:

$$U(f)=(H_{N-S}+H_{E-W})/2V_Z, \quad (4)$$

где H_{N-S} и H_{E-W} – соответственно спектры микросейсм по горизонтальным компонентам; V_Z – спектр микросейсм на вертикальной компоненте; $U(f)$ – амплитудно-частотной характеристика исследуемой точки.

В последующем производится расчет приращения сейсмической интенсивности по формуле:

$$\Delta I = \kappa * \lg(U_{\max}), \quad (5)$$

где ΔI – приращение балльности относительно скальных или «средних» грунтов; κ – эмпирический коэффициент; U_{\max} – максимальное значение амплитудно-частотной характеристики, полученной способом спектральных отношений.

2. Метод стоячих волн заключается в выделении стоячих волн на записях микросейсм с последующей их обработкой. Подробно метод и результаты его применения приведены в статье [1].

Приведенные методики обладают рядом ограничений. В частности, метод стоячих волн требует достаточно продолжительных по времени записей, а метод Накамура при наличии нескольких источников техногенного шума дает не всегда корректные результаты.

В качестве перспективного направления развития метода регистрации микросейсм можно предложить применения источника колебаний с известными параметрами. Ранее подобные меры уже применялись, когда роль источника колебаний играл локомотив или промышленные установки. Однако интенсивность и частота таких источников колебаний не постоянна по времени.

Авторами были проведены экспериментальные работы по изучению возможности применения источника колебаний известной частоты и интенсивности для метода регистрации микросейсм. В качестве источника колебаний выступал легковой автомобиль, одна из измерительных станций была установлена в кузов автомобиля, а вторая перемещалась по территории пло-

щадки. К сожалению, частота создаваемых источником колебаний была достаточно высокой и не подходила для решения задач сейсмического микрорайонирования. Однако полученные результаты показали, что колебания от источника распространяются на значительное расстояние и наличие в непосредственной близости проезжей части с интенсивным движением не представляет сложности для выделения сигнала.

На этом основании можно предположить, что в результате применения источника колебаний с постоянной интенсивностью (и необходимой частотой), появляется возможность по записям микросейсм более точно оценивать различие в грунтовых условиях, исключая при этом влияние техногенных помех. Кроме этого при изменении частоты колебания источника (в диапазоне от 3 до 10 Гц) можно получить совершенно новый материал для сейсмического микрорайонирования.

Литература

1. Еманов А.Ф., Красников А.А., Бах А.А., Черных Е.Н., Еманов А.А., Семин А.Ю., Черепанов А.В. Резонансные свойства верхней части разреза // Физ. мезомех. 2008. Т. 11. № 1. С. 26-36.
2. РСН 65-87 Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Технические требования к производству работ.
3. Nakamura Y. (1989). A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface.

ПРОВАЛЫ И ОСЕДАНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ г. МОСКВЫ

И.В. Козлякова, И.А. Кожевникова, Н.Г. Анисимова

Институт геоэкологии РАН им. Е.М. Сергеева, г. Москва, Уланский пер., 13. стр. 2.
E-mail: kozlyakova@rambler.ru

Провалы и оседания земной поверхности – наиболее часто встречающиеся проявления природных и техноприродных экзогенных геологических процессов на территории города. Провалы всегда ограничены по контуру уступом. Если же деформации земной поверхности происходят без видимого нарушения сплошности пород, говорят о локальных оседаниях. В последнее десятилетие на территории Москвы в год в среднем фиксируется 14 провалов и локальных оседаний. Они наносят ощутимый ущерб городскому хозяйству и могут представлять опасность для жизни и здоровья людей. Плановые размеры воронок, сформировавшихся на земной поверхности, изменяются от 1 – 2 до 15 м. Глубина может достигать 3 – 5 м и более.

Часто деформации земной происходят на проезжей части улиц, под которыми проходят подземные коллекторы, вблизи строительных котлованов и канализационных колодцев. И всё же большинство из них не имеет явной приуроченности к каким-либо подземным сооружениям (рис. 1).

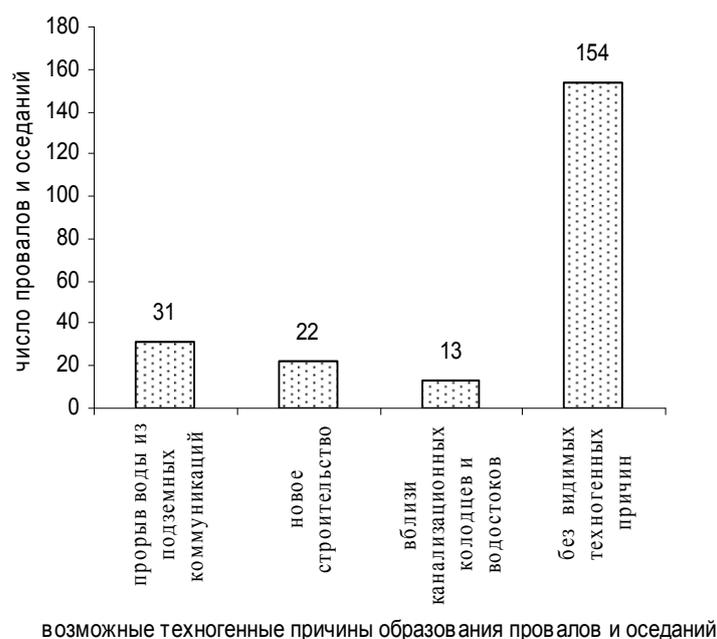


Рис. 1. Гистограмма распределения числа провалов и оседаний в зависимости от предполагаемых техногенных причин их образования

Для того чтобы прогнозировать деформации земной поверхности, необходимо представлять механизм их образования и определить геологические критерии, по которым можно выделять различные по устойчивости участки городской территории.

В Москве провалы и оседания изучались многими исследователями [1 – 6], большинство из которых считают, что это – проявления карстово-суффозионных и суффозионных процессов. Развитие карстово-суффозионных процессов обусловлено залеганием на относительно небольших глубинах закарстованных карбонатных пород, перекрытых песчано-глинистой толщей переменной мощности. Развитие суффозионных процессов связано с распространением в верхней части геологического разреза разновозрастных водонасыщенных неоднородных по механическому составу песчаных отложений и наличием областей выноса вдоль неплотных контактов подземных сооружений с грунтовым массивом.

В рамках настоящих работ на основе архивных материалов, данных средств массовой информации и собственных наблюдений было установлено, что на территории Москвы за период с 1930 по 2010 гг. зафиксировано 220 провалов и оседаний земной поверхности, из которых 193 имеют четкую адресную привязку.

С помощью пакета MS Excel была создана база данных, включающая информацию о времени, местоположении и источнике данных по каждому происшествию, а также проведена систематизация провалов и оседаний в зависимости от наличия информации о техногенных причинах их образования (прорыв водонесущих коммуникаций, новое строительство и др.).

В ГИС MapInfo Professional данные о происшествиях были нанесены как точечные объекты на топографическую основу г. Москвы и представлены в виде электронной карты. Затем, с помощью базы данных буровых скважин для каждого провала и оседания был проведен анализ близлежащих буровых скважин и расширение базы данных путем ввода информации о геологической среде (абсолютная отметка поверхности, мощность техногенных отложений, мощность четвертичных отложений, глубина залегания закарстованных известняков, суммарная мощность глин перекрывающих известняки и др.).

Наиболее полная информация собрана за период с 2000 по 2010 гг. Выполнена статистическая обработка полученных данных, которая позволила разделить общее число провалов и оседаний (140) по сезонам года, приуроченности к различным элементам рельефа и типам строения геологического разреза.

Подготовка провала – это формирование в песчаной толще в результате суффозионных процессов зоны разуплотнения, которая может существовать в массиве длительное время, до тех пор, пока не произойдет нарушение устойчивости массива под действием внешних факторов. К таким факторам относится интенсивная инфильтрация в период снеготаяния и обильных дождей. Чаще всего, деформации земной поверхности фиксируются весной и летом (рис. 2).

Проведен анализ изменения числа провалов по годам в период с 2000 по 2010 гг. и среднемесячной температуры марта (рис. 3).

Отмечается четкая корреляция этих двух характеристик. Март – месяц, когда происходит максимальное стаивание снежного покрова. Причем, чем выше среднемесячная температура, тем интенсивнее идет процесс снеготаяния и тем больше инфильтрующихся талых вод поступает в песчаный массив. В результате происходит уплотнение песчаной толщи, которое влечет за собой деформации земной поверхности.

Интересно, что большинство провалов и оседаний зафиксировано в пределах третьей надпойменной террасы р. Москвы, которая характеризуется абсолютными отметками земной поверхности 140 – 160 м (рис. 4). Для этой территории характерно наличие мощных четвертичных песчаных толщ аллювиального и флювиогляциального генезиса и достаточно глубокое залегание уровня грунтовых вод.



Рис. 2. Изменение суммарного числа провалов за период с 2000 по 2010 гг. по месяцам.



Рис. 3. Изменение числа провалов и оседаний и среднемесячной температуры марта в период с 2000 по 2010 гг.

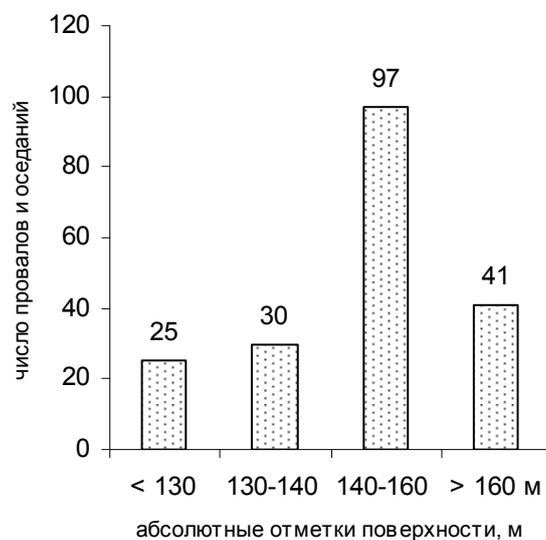


Рис. 4. Гистограмма распределения числа провалов и оседаний в зависимости от абсолютной высоты земной поверхности участков их проявления

Таким образом, анализ данных о деформациях земной поверхности, произошедших на территории Москвы, позволяет предположить, что они являются результатом уплотнения суффозионных зон в песчаном массиве. Этот вывод важен для решения вопросов оперативного прогнозирования этих деформаций, которое должно базироваться на наблюдениях за оседаниями земной поверхности и определении местонахождения зон разуплотнения в массиве с помощью специального геофизического оборудования.

Другой стороной проблемы изучения деформаций земной поверхности в Москве, является установление причин развития процесса суффозии в массиве. Возможно возникновение суффозионных явлений вдоль неплотных контактов подземных сооружений с породами и при неглубоком заложении коммуникаций: коллекторов, водостоков, канализационной, водопроводной и других подземных сетей. Просачивание и прорывы подземных вод в тоннели и коллекторы влекут за собой суффозионный вынос грунта, сопровождаемый оседаниями и провалами. Условия для развития суффозии иногда создаются в ходе строительных работ.

Зоны разуплотнения могут возникать и при развитии карстово-суффозионных процессов. Такие процессы проявляются на земной поверхности в пределах территорий, где закарстованные породы каменноугольного возраста перекрыты четвертичными песками или глинами юрского и каменноугольного возраста мощностью менее 10 м. В Москве считается установленным карстово-суффозионный генезис 42 провалов в районе Хорошёвского шоссе.

Проведен анализ всего массива данных о провалах и оседаниях (193) по их приуроченности к территориям с различным геологическим строением (рис. 5). Установлено, что большинство деформаций земной поверхности зафиксировано в районах, где по современным представлениям возможно проявление на поверхности карстово-суффозионных процессов. Это не говорит о том, что все провалы имеют карстово-суффозионный генезис, но дают возможность предполагать, что на территории Москвы, помимо давно известных, есть еще карстово-суффозионные провалы и оседания.

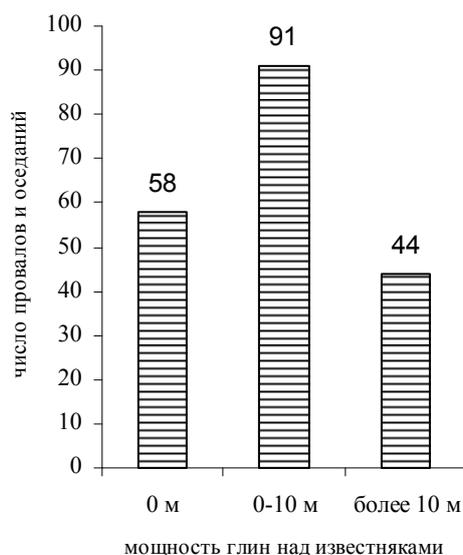


Рис. 5. Гистограмма распределения числа провалов и оседаний в зависимости от мощности глинистой толщи юрского и каменноугольного возраста, залегающей на известняках

Детальные инженерно-геологические исследования на участках проявлений экзогенных процессов позволяют выяснить причины активизации этих процессов и совершенствовать защитные мероприятия, систему мониторинга и требования к инженерным изысканиям. Освоение подземного пространства в таких масштабах, как это происходит на территории Московского мегаполиса, требует непрерывного наблюдения за деформациями земной поверхности и состоянием массива пород в приповерхностной зоне.

Литература

1. Аникеев А.В. О причинах провалов и локальных оседаний земной поверхности в Москве. Геозкология. 2002. № 4. С. 363-374.
2. Геозкология Москвы: методология и методы оценки состояния городской среды / Отв. ред. Г.Л. Кофф, Э.А. Лихачева, Д.А. Тимофеев. М.: Медиа-Пресс, 2006. 200 с.

3. *Кутепов В.М., Кожевникова В.Н.* Устойчивость закарстованных территорий. Наука, 1989. 151 с.
4. *Лихачева Э.А.* Экологические хроники Москвы. М.: Медиа-Пресс, 2007. 304 с.
5. *Хоменко В.П.* Карстово-суффозионные процессы и их прогноз. М.: Наука, 1986. 97 с.
6. *Хоменко В.П.* Закономерности и прогноз суффозионных процессов. М.: ГЕОС, 2003. 216 с.

НЕКОТОРЫЕ НОВЫЕ ПОЗИЦИИ В ОЦЕНКЕ РИСКОВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Н.Г. Комарова

МГУ имени М.В. Ломоносова, Музей землеведения, ГСП -2, Москва, Ленинские горы, 1.
Email: nkomarova37@mail.ru

Общепризнанным в наше время может считаться положение, что оценка урбанизированных территорий по степени природного и техногенного рисков позволяет наметить пути рациональной организации хозяйства и создания среды, безопасной для жизнедеятельности населения. Однако практика показывает, что это не совсем так. Одна из причин кроется в том, что в рассматриваемой позиции отсутствует человек. Жизнь человека, его здоровье – физическое и психическое, душевное состояние, поведение, нравственные установки и многое другое входят составной частью в систему взаимодействия общества с окружающей средой.

К середине 90-х годов прошлого столетия кризис состояния природной среды на урбанизированных территориях (от лат. urbanus – городской), где сосредоточено более 60% мирового промышленного производства и более половины населения планеты, достиг таких масштабов, что превратился в одну из наиболее актуальных экологических проблем. По прогнозам, к 2025 г. доля городского населения в мире достигнет двух третей всего человечества.

Современные урбанизированные территории следует рассматривать как экстремальные зоны жизнедеятельности людей. Многие виды негативных антропогенных процессов, связанные с индустриализацией хозяйства, такие, как: загрязнение воздушного бассейна, поверхностных и подземных вод, почв и грунтов, уничтожение или трансформация растительного покрова, нарушение земной поверхности и недр; воспринимаемые как следствие технологического несовершенства индустриального хозяйства, в действительности являют собой закономерный атрибут гигантской концентрации населения и хозяйства на сравнительно небольших площадях. Масштабы антропогенного воздействия на природную среду на урбанизированных территориях можно смело поставить на первое место по мощности. Распространение урбаногра-

тической инфраструктуры – неизменное следствие технического прогресса. Учитывая лавинообразный характер процессов урбанизации на Земле, человечество в поисках путей устойчивого развития ищет новые подходы к решению возникающих проблем.

Жизнедеятельность человека – процесс его непрерывного взаимодействия с окружающей средой. Городская инфраструктура подавляет природные связи и изменяет потоки вещества и энергии, выступая при этом как генератор совершенно особых природно-антропогенных и антропогенных нарушений процессов. При этом человек, как биологический вид, всегда использует свои врожденные защитные навыки и приобретенные знания об опасностях в системе «человек – среда обитания».

Чрезвычайные ситуации возникают в этой системе при действии опасных для человека и среды обитания потоков веществ. Все возрастающие антропогенные нагрузки на человека, расширение круга и уровня опасностей современного урбанизированного мира вызывают необходимость изменения приоритетов в социально-экономическом развитии общества в направлении обеспечения безопасности жизнедеятельности. Развитие теории рисков в наше время выдвигает проблему рассмотрения человека, его личностных и физических возможностей в процессе трудовой деятельности, как составной части социотехнической системы.

Человек в городе особо чувствителен к естественным колебаниям параметров природной среды: электромагнитного поля Земли, к скачкам атмосферного давления, температуры воздуха и пр. Ранее эти факторы в оценку техногенных воздействий на человека практически не включались. Человек как опосредованная связь природных и техногенных факторов развития системы, особенно человек в городе, заслуживает специального изучения.

Все стороны общественной жизни: экономика, политика, культура сегодня пронизаны техносферой. Человек как ее составная часть практически не рассматривается. Отсюда понятна направленность мероприятий по оптимизации природопользования исключительно на решение технологических проблем в соответствии с потребностями общества в удовлетворении его интересов в повышении качества жизни. Игнорирование социальных факторов развития (демографических, профессиональных, духовных, культурно-бытовых и пр.) может приводить к резкому снижению безопасности и эффективности функционирования любой исследуемой системы.

Объективным фактором развития общества в последние десятилетия XX века стало выдвижение в качестве приоритетных задач необходимости формирования готовности личности к восприятию меняющегося мира, к обеспечению личной и коллективной безопасности граждан наряду с достижением и сохранением высокого качества среды обитания.

Совершенствуя технику, чтобы обезопасить себя от естественных опасностей, люди пришли к наивысшим техногенным опасностям. Концепция безопасности жизнедеятельности, как науки о выживании, исходит из принципа: «Человек есть высшая ценность, сохранение и продолжение жизни которого является целью его существования».

Как и естественные биогеоценозы, социотехнические системы рассматриваются как целостные структурно-функциональные образования, состоящие из живых и неживых элементов, связь между которыми осуществляется за счет информационных и иных (коммуникативных, управленческих, познавательных и др.) взаимодействий. Связь между работниками и техническими системами формируется в процессе исторического развития. Новшества, укрепляющие жизнеспособность системы, закрепляются; отвергаются те из них, что подрывают ее существование. Социотехнические системы, какими являются, в частности, урбанизированные территории, городские агломерации, локализованы в пространстве и времени, постоянно эволюционируют.

Современная стратегия обеспечения безопасности развития урбанизированной территории включает новое направление исследований: изучение психологии восприятия человеком различного вида рисков (природных, техногенных и обусловленных их воздействием – социальных). В нашем представлении, под риском понимается вероятность событий с нежелательными отрицательными последствиями. Измеряется риск возможной величиной потерь, возможным ущербом и его тяжестью. Заблаговременное прогнозирование риска и принятие мер по его снижению называется управлением риском. Расчет риска ведется на основе оценки уязвимости и ожидаемых потерь, в частности, определения числа людей, которые могут подвергнуться воздействию со стороны факторов повышенной опасности. Новое понятие – социально-психологическое отношение человека к риску – характеризует большую или меньшую склонность людей предвидеть опасность и действовать так, чтобы снизить риск до некоторого уровня, считаемого приемлемым. Социальный фактор риска объясняет мотивацию людей рисковать. Хотя риск и может быть существенно снижен введением мер защиты, он в принципе не может быть сведен к нулю. Групповой ответ на риск совершенствуется опытным путем.

В настоящее время обозначилась новая позиция в решении указанной проблемы: выявление степени защищенности населения, его информированность, разработка стратегии защиты от бедствий в зависимости восприятия и прогнозной оценки природного и иного риска населением и руководителями хозяйств.

Изучение этнической культуры, систем ценностей, эмпирического осознания рисков, опыта и мудрости народов, населяющих Землю, способно исключать многие губительные последствия нарушений, вызываемых человеком.

ОЦЕНКА ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ОПАСНОСТЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ БОЛЬШОГО СОЧИ В 2014 г. И В БЛИЖАЙШЕМ ДЕСЯТИЛЕТИИ

Б.М. Крестин, И.В. Мальнева

ФГУП «ВСЕГИНГЕО», Московская область, Ногинский район, пос. Зеленый.
E-mail: vsegingeo@rambler.ru, irmaln@rambler.ru

Исследуемая территория по интенсивности развития и активности проявления экзогенных геологических процессов (ЭГП) является уникальной для России. Обусловлено это рядом особенностей геологического строения, рельефа и климата. Она всегда отличалась чрезвычайно высокой опасностью оползней и других процессов.

Под опасностью проявления конкретного генетического типа ЭГП следует понимать вероятность проявления его в данном месте, в заданное время и с определенными энергетическими характеристиками (скорость проявления процесса, площадь и объемы горных пород, вовлеченных в процесс, дальность их перемещения и др. [3]).

Весной 2014 г. на территории Большого Сочи успешно прошли Олимпийские игры, однако в период их подготовки геологическая среда, которая и так чрезвычайно неустойчива, была значительно нарушена при строительстве олимпийских объектов. Соответственно возросла опасность катастрофических активизаций опасных геологических процессов, в первую очередь – оползней и селей. Возникает вопрос: что будет дальше? Как изменится активность оползней и селей на этой территории?

Основными видами техногенных воздействий при строительстве спортивных олимпийских объектов и объектов олимпийской инфраструктуры являлись: несанкционированное складирование отвалов грунта на склонах, подрезки склонов, неконтролируемое перераспределение поверхностного и подземного стока, пригрузка головных частей существующих оползней. В условиях низкой естественной устойчивости территории это привело к активному развитию как собственно техногенных проявлений ЭГП, так и парагенезов техногенных и ассоциированных с ними природных проявлений. Как специфическую особенность территории можно отметить широкое проявление «цепочечных» парагенезов, когда русловая эрозия водотоков провоцирует активизацию оползней, для которых русло является базисом оползания, затем русло перекрывается запрудным озером, его прорывом и формированием прорывного селя. Селевой поток резко активизирует русловую эрозию, и цикл повторяется. Активность техногенно-обусловленных ЭГП как минимум на порядок превышает активность аналогичных процессов в естественном состоянии, поскольку основным материалом, изначально подверженным этим процессам, являются перемещенные грунты преимущественно делювиально-элювиального чехла. В такой ситуации, отмеченные выше «цепочеч-

ные» парагенезы техногенно-обусловленных ЭГП являются наиболее характерной формой их проявления. Наиболее ярко последствия техногенных воздействий выражены в горном кластере, на участке пос. Красная Поляна – устье р. Пслух.

В результате анализа активности ЭГП за последние годы (2011-2014 гг., особенно 2013 г.) можно отметить, что были периоды более опасные и менее опасные, но в той или иной степени проявления ЭГП, в первую очередь, оползней, наблюдались всегда. Это связано как с погодными условиями в данном районе, так и с влиянием техногенного фактора. Для оценки опасности развития ЭГП в будущем следует рассмотреть конкретные примеры активизации процессов в прошлые годы, до начала олимпийского строительства, и в настоящее время.

Породы, слагающие территорию, крайне неустойчивы к воздействию метеорологических факторов. От изменения температуры и количества осадков зависят особенности грунтов в массиве, изменчивость их свойств. Почти все оползневые подвижки на территории Сочи-Мацестинского района происходят в наиболее влажный осенне-зимне-весенний период [4]. Наиболее значительная активизация оползневых процессов в этом районе наблюдается в январе-феврале. Массовая (катастрофическая) активизация оползней может быть приурочена не только к сезону или месяцу, но даже к отдельным дням с максимальным количеством осадков. В работе [4] отмечено, что в 1952 г. такая активизация произошла в течение одного дня – 24 февраля. В этот день возникло 58 новых оползней и активизировалось 66 ранее образовавшихся. Общее количество осадков за февраль составило 200% среднемесячной многолетней нормы. 23 февраля количество осадков составило 65 мм, 24 февраля – 84 мм.

В сентябре 2013 г. также сложились экстремальные погодные условия на территории Большого Сочи. Однако, в отличие от февраля 1952 г., активность оползней и селей в сентябре не была катастрофической [1]. Температурные показатели в августе и в сентябре и чрезвычайно большое количество осадков не смогли привести к массовой активизации оползневого процесса, как в феврале 1952 г., но являлись при этом идеальными условиями для возникновения многочисленных небольших проявлений. В целом за сентябрь 2013 г. на территории прибрежного и горного кластера произошла активизация мелких и средних оползней, большинство из которых находилось в пределах старых оползневых проявлений. В конце лета 2013 г. на юге Европейской России было очень жарко. Средняя месячная температура в августе составила 23,4°. В отдельные дни температура превышала +30°. В сентябре, наоборот, средняя месячная температура воздуха была на несколько градусов ниже нормы. В пределах прибрежного кластера строительства Олимпийских объектов по метеостанции Сочи в сентябре зафиксировано выпадение 523,9 мм осадков, что в 4 раза превысило климатическую норму (130,7 мм). Количество осадков 4, 5, 6 сентября составило соответственно: 153, 48, 85 мм. В 1952 г. осадки выпадали более или менее равномерно в течение января и февраля. Было достаточно прохладно, испаряемость была невелика.

Склоны были увлажнены, и при обильных осадках в конце февраля произошла массовая активизация оползней. В сентябре 2013 г. катастрофические осадки вызвали только наводнение в Сочи, а значительной активизации оползней не последовало. При этом количество осадков за период, предшествующий активизации, в 1952 и 2013 гг. (около двух месяцев) примерно одинаковое, но режим выпадения осадков и температурный режим накануне активизации существенно различаются, различаются условия увлажнения оползневых склонов и, соответственно, их устойчивость.

В сентябре 2013 г. на территории горного кластера также была зафиксирована существенная активизация селей и заметная активизация оползней, связанная преимущественно с техногенным воздействием на территорию.

Формирование селей на территории горного кластера в 2013 г. не является только следствием осадков, послуживших триггерным механизмом. 4, 5, и 6 сентября количество осадков здесь было велико: 81, 38 и 14 мм соответственно. Однако первые проявления селей природно-техногенного генезиса отмечены только 15 сентября при осадках 17 мм и 15 мм в районе 2-й противоселелавинозащитной галереи технологической автодороги к подстанции «Мзымта». Зафиксировано прохождение селевых потоков по 3-м ранее выявленным селеопасным эрозионным врезам. Ориентировочный объем селевых отложений достигал 100 тыс.м³. До этого в горной части шло развитие оползневого процесса – важнейшего фактора формирования селей. 18 и 19 сентября там же прошли сели общим объемом порядка 30 тыс. м³. При этом количество осадков составило 0,5-0,6 мм. 24 сентября при количестве осадков 123 мм зафиксирован значительный сель по руслу р. Тобиас.

Следует отметить также значительную активность селей на территории горного кластера в марте 2013 г., которая в значительной степени обусловлена чрезвычайно неустойчивым характером погоды. Наибольшая активность селей отмечена 13-14 марта и в период 27-29 марта. Погодные условия способствовали интенсивному таянию снега в горах. Средняя суточная температура воздуха по данным ГМС Красная Поляна была выше среднего многолетнего значения, дожди с 9 марта шли ежедневно. 13 марта количество осадков за 5 дней составило 89 мм (55% месячной нормы). При этом количество осадков за март по данным ГМС Сочи составило 196 мм при норме 130 мм, а по данным ГМС Красная Поляна 338 мм при норме 163 мм. При достаточном количестве осадков и их равномерном выпадении существенной активизации оползней на территории прибрежного кластера не произошло. Снеготаяние и дожди в горах вызвали переувлажнение пород на склонах, их неустойчивость. Особенно неустойчивы отвалы строительных объектов, которые стали потенциальными запасами твердой составляющей селей. 13 марта сошли селевые потоки на левобережье реки Мзымта, на участке от ручья Ржаной до реки Пслух. Селевые массы перекрыли технологическую дорогу, затем их сход продолжался. Таким образом, формированию селей в марте 2013 г. на территории горного кластера способствовало чередование очень теплых и очень холодных периодов при достаточном или избыточном увлажнении и больших снегозапасах. Интенсивное техногенное воздействие на

данной территории способствовало накоплению на склонах большого количества рыхлообломочного материала, который при сложившихся погодных условиях был вовлечен в селевой процесс [1].

Таким образом, зависимость только от конкретных осадков нельзя считать триггерным механизмом активизации оползней. Анализ катастрофической активизации оползневых процессов в феврале 1952 г. позволяет говорить о том, что она произошла не только вследствие аномального количества осадков в конкретные дни, а также вследствие режима погодных условий за длительное время, когда в развитие оползневого процесса была вовлечена целая система факторов оползневого процесса: метеорологических, гидрогеологических, гидрологических. Системный подход к изучению и прогнозу ЭГП предусматривает всесторонний анализ взаимодействия всех факторов, обуславливающих их развитие.

На основании анализа всех известных случаев активизации ЭГП на территории Большого Сочи можно отметить, что следует говорить не об отдельных погодных факторах как о триггерных механизмах большинства ЭГП, а о триггерном режиме различных факторов. Хотя атмосферные осадки для большинства ЭГП (оползни, сели, овражная и склоновая эрозия, просадки и др.) являются важнейшим фактором развития, для различных генетических типов процессов и даже их разновидностей и в разных природных условиях реализация этого фактора может осуществляться не одинаково. Как показал анализ проявлений ЭГП на территории Большого Сочи, важна не только сумма выпавших за определенный период времени осадков, но и режим их выпадения. Для перехода системы из одного состояния в другое требуется время, которое определяется ее реакцией, особенностями механизма воздействия факторов.

В первом десятилетии XXI века на территории России резко изменился характер циркуляции атмосферы, определяющей погодные условия. Антициклон, сформировавшийся при этом над Европейской Россией в результате арктического вторжения, мешает средиземноморским циклонам пройти на север, и они всю влагу оставляют на юге. В итоге метеорологически обусловленные опасные природные процессы стали повторяться практически ежегодно, даже несколько раз в году [2]. В ближайшие годы это положение сохранится. В соответствии с тенденцией изменения циркуляционных условий в ближайшие годы сохранится высокая вероятность подобных климатических экстремумов и, соответственно, увеличение активности экзогенных геологических процессов. Главной особенностью погоды будет неустойчивость. При продолжающемся на прежнем уровне техногенном воздействии степень активности оползней и селей может быть катастрофической.

В настоящее время опасность оползневых и селевых процессов на территории прибрежного и в основном горного кластера несколько уменьшилась в связи с окончанием строительства, но техногенно измененные и слабо устойчивые грунты по-прежнему подвержены значительному влиянию изменения погодных условий. При возможных погодных экстремумах будет сильная активизация оползней и селей.

Литература

1. Крестин Б.М., Мальнева И.В. Активность оползневых и селевых процессов на территории Большого Сочи и ее изменения в начале XXI века // Сергеевские чтения. Вып. 16: Материалы годич. сессии Науч. совета РАН по проблемам геоэкологии, инж. геологии и гидрогеологии (23-24 марта 2014 г., г. Москва). М.: Изд-во РУДН, 2014. С. 295-299.
2. Мальнева И.В., Кононова Н.К., Крестин Б.М. Сценарии развития опасных экзогенных процессов на территории Большого Сочи и Красной Поляны в соответствии с современными изменениями климата // Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций. Оценка рисков возникновения чрезвычайных ситуаций. Материалы X научно-практ. конф. 5-6 октября 2010. Доклады и выступления. М.: Центр «Антистихия» МЧС России. 2011. С. 135-146.
3. Природные опасности России. Экзогенные геологические опасности / Под ред. В.М. Кутепова, А.И. Шеко. М.: Издат. фирма «КРУК», 2002. 345 с.
4. Современные геологические процессы на Черноморском побережье СССР / Под ред. А.И. Шеко. М.: Недра, 1973. 220 с.

ИЗУЧЕНИЕ КАРСТОВОЙ ОПАСНОСТИ ПРИ РАЗМЕЩЕНИИ МЕТРОПОЛИТЕНА В МЕЩЕРСКОМ МИКРОРАЙОНЕ ГОРОДА НИЖНИЙ НОВГОРОД

С.А. Махнатов

ОАО «НИИ «Проектная территориальная мастерская №17», г. Нижний Новгород,
ул. Костина, д. 3. E-mail: iziskaniy17@gmail.com
НИУ МГСУ Московский государственный строительный университет, г. Москва,
Ярославское ш., 26. E-mail: geolog305@ya.ru

*«Если четыре возможных неприятности заранее устранены,
то всегда найдётся пятая»*

Эдвард А. Мёрфи

Для оценки риска инженерно-строительного освоения территорий нужно знать возможную опасность, сопоставимую с особенностями объекта строительства. **Риск воздействия должен быть учтён (требование Технического Регламента ФЗ-384) [6] к моменту создания проекта объектов нормального и повышенного уровней ответственности.** Удачным примером для рассмотрения является карстовая опасность для размещения метрополитена в Мещерском микрорайоне (Канавинском районе) г. Нижний Новгород.

В.В. Толмачёв в своих практических исследованиях карста региона группирует опасность для инженерно-строительных целей по следующими типами: Тип А – изменения в устойчивой экологической системе; Тип В –

образование карстовых провалов; Тип С – активизация подземных карстовых форм; Тип D – эксплуатация природных резервуаров. Для размещения метрополитена согласно предложенной типизации приняты основными три первых типа: А, В и С [3, 6]. Они определяют карстовый риск для объекта. Из региональных наблюдений [7] известно, что территория размещения объекта относится к V категории (2-4 классы) карстовой опасности с интенсивностью провалообразования 0,001–0,01 провалов/год·км². По всей закарстованной (заречной) части города среднее значение диаметров карстовых форм составляет $d_{cp} \approx 14,9$ м, что соответствует категории Б (класс е). Провалообразования преобладают в Сормовском и Автозаводском районах. В Канавинском районе в последние десятилетия фиксировались случаи появления провальных форм [4]. Их генезис никогда не устанавливался. Спустя время сложно утверждать, что карст может быть причастен к их образованию. Среди множества исторических справок по району выявление особых примет возникновения провала не представляется возможным – до строительства каскадов водохранилищ район часто затоплялся. В геоморфологическом отношении его территория приурочена к Волжско-Окской области зандровых и аллювиально-зандровых низин, располагаясь в междуречье Оки и Волги. Текущая поверхность площадки проектирования ровная, спланированная, с абсолютными отметками от ~ 70 до 78 м (БС). Район приурочен к юго-западному борту Линдовского прогиба Токмовского свода, структуры первого порядка, выделяющейся на фоне моноклинального погружения пород к северо-востоку от Окско-Волжской системы дислокаций. В неотектоническом плане он относится к слабо опущенному блоку третьего порядка Волжского макроблока, располагаясь в пределах крупной линейной тектонической зоны, вытянутой вдоль границы Волжского и Балахнинского блоков. Эта граница проходит вдоль русла р. Волги. На современном этапе зона в первую очередь испытывает активные тектонические движения, что может благоприятствовать развитию карстовых (карстово-суффозионных) процессов.

Карст территории покрытый. Покрывная толща состоит из несвязных и связных пород (рис. 1). Для изучения глубокого карста эффективно показало себя бурение разведочных скважин (с обсадкой) после проведения соответствующего комплекса геофизического обследования.

Из проведённых исследований известно, что карст района строительства представлен казанскими (карбонатными) и сакмарскими (сульфатными) отложениями, а также линзами гипса в уржумских отложениях (рис. 2). Помимо грунтовых и трещинно-карстовых казанско-сакмарских вод, в толще уржумских огипсованных мергелистых глин фиксируется ещё один водоносный комплекс. Воды напорные. Установившийся уровень ниже грунтовых вод. Разница их высот колеблется в пределах участка проектирования: ~0,5-5,5 м.

Агрессивность подземных вод к карстующимся породам установлена из аналитических расчётов (методика В.П. Зверева ПНИИС, 1995 г. и методика Скилмена-Мак Дональда-Стиффа) [5] по результатам лабораторных ис-

следований. Между методами существует принципиальная разность, что учитывалось для самоконтроля при принятии решения.

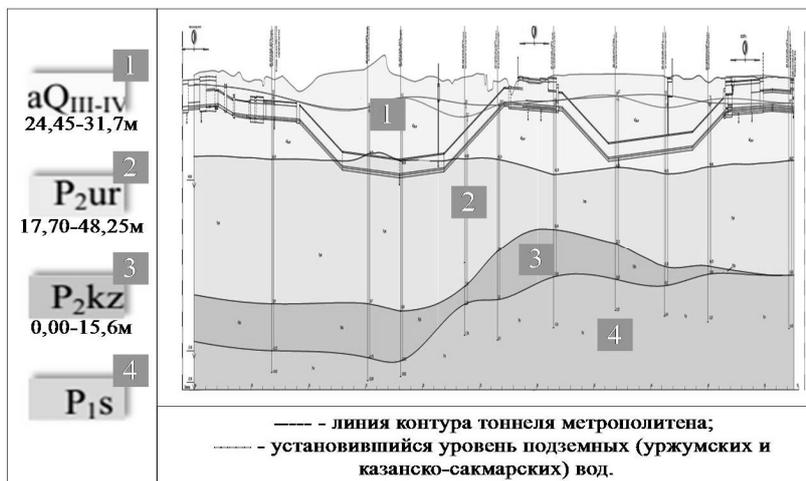


Рис. 1. Разрез по линии глубоких скважин:

1 – аллювиальные четвертичные отложения (пески пылеватые, мелкие, средней крупности, суглинки, реже глины); 2 – отложения уржумского горизонта (P₂ur); 3 – отложения немдинского горизонта (P₂nm); 4 – сакмарского яруса (P₁s).



Рис. 2. Огипсованные участки в глинистых уржумских отложениях (светлые участки – линзы гипса)

Важно отметить, что в подошве глинистых уржумских отложений в одной из скважин встречен участок, заполненный песком кварцевым, хотя мощность покрывающей водоупорной толщи глинисто-мергелистых отложений удовлетворяет положению СП «Инженерно-геологические изыскания ч.2» [6] (рис. 1 – P₂ur). При обработке кернов (рис. 3 и 4) замечена закономерность огипсованных участков в отложениях уржумского возраста. От района станции «Московская» до ст. «Волга» число этих участков увеличивается. По высоте в интервалах 2,5-5,5 м, 7,5-12 м и глубже (считая от кровли уржумских отложений) отмечается рост их встречаемости.

Что характерно, напорный водоносный горизонт («уржумского») фиксируется как раз в этих пределах. Возможный градиент вертикальной фильтрации в этом случае имеет пределы ~0,04-2,2. Он может меняться при изме-

нениях уровней подземных вод в следствии подъёма уровня водохранилищ или откачек подземных вод [1, 9].



Рис. 3. Гистограмма распределения размеров линз гипса по глубине



Рис. 4. Интегральная кривая частоты встречаемости линз гипса

Из работ д.г.-м.н. профессора В.П. Хоменко [9] известно, что условиями возникновения процесса, формирующего карстовый провал является наличие основных факторов: пустотное пространство (каналов, трещин и т.п.) и особый режим подземных вод (наличии градиента вертикальной фильтрации [3], в данном случае нисходящий поток). Проявление опасности является делом времени. Справедливо представить, что параметр времени (T) – это некая константа, соизмеримая с расчётным сроком эксплуатации того или иного сооружения (в случае с объектом уникальным сооружением – не менее 100 лет). При средних значениях диаметров воронок 14,9 м по заречной части сложно утверждать, что какой-либо из объектов может быть неуязвим. Необ-

ходима объектная оценка карстовой опасности. Если верить Ф. Бирбаумеру, сам провал образуется в результате вертикального сдвига круглоцилиндрического грунтового столба, что подробно исследовано для территорий покрытого карста [1, 9]. Для возникновения этого столба должны сформироваться определённые условия роста суффозионной полости. Тоннель метрополитена взаимодействует с этой полостью в соответствии с напряжённым состоянием массива грунта в зависимости от их взаимного расположения друг относительно друга. Пример смотри на рис. 5. По мнению автора, целью дальнейших исследований должно быть установление наихудшего (критического) варианта.

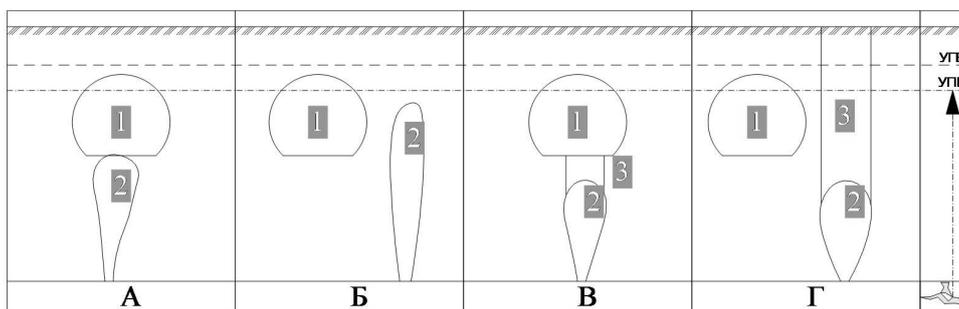


Рис. 5. Варианты расположения суффозионной полости:

A – развитие суффозионной полости под обделкой тоннеля в зоне водонасыщения (или аэрации); *B* – развитие суффозионной полости рядом с обделкой тоннеля в зоне водонасыщения (или аэрации); *B* – обрушение круглоцилиндрического столба грунта от суффозионной полости под обделкой тоннеля; *Г* – обрушение круглоцилиндрического столба грунта от суффозионной полости под обделкой тоннеля; *1* – тоннель; *2* – контур суффозионной полости; *3* – круглоцилиндрический столб обрушения грунта

Выводы

– по проведённым исследованиям выявлены предпосылки к карстовой (карстово-суффозионной) опасности в следствии истечения несвязных пород в каналы и пустоты, появившиеся в следствии выщелачивания линз гипса в уржумских отложениях;

– замечена закономерность нахождения огипсованных участков. Определена наиболее вероятная зона формирования полости в уржумских глинах, получены градиенты вертикальной фильтрации;

– результаты данных наблюдений рекомендуется использовать при оценке карстовой опасности подобных территорий перед принятием окончательных решений по карстовой опасности района.

В работе использован опыт ведущих организаций по наблюдениям за карстовыми процессами в Нижегородской области, а также опыт известных

инженеров и исследователей, изучавших карст города и области: к.т.н. В.В. Толмачёва, д.т.н. Е.В. Копосова, д.г.-м.н. В.П. Хоменко, д.г.-м.н. А.В. Аникеева, к.г.-м.н. М.В. Леоненко, к.г.-м.н. И.А. Соколовой и др. Автор статьи выражает благодарность В.В. Толмачёву, М.М. Уткину и их коллегам из ОАО «Противокарстовая и береговая защита» за помощь в научно-технических консультациях.

Литература

1. *Аникеев А.В., Леоненко М.В.* Прогноз провалообразования при изменении гидродинамического режима на примере Дзержинского карстового района // Геозкология, инженерная геология, гидрогеология и геокриология. 2013. №2. С. 130-146.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000 (сост. Б.Е. Клинк, Л.Н. Поздняков), лист 0-38-XXXII (Н. Новгород). С.-Петербург: Недра, 2002.
3. *Кутепов В.М., Кожевникова В.Н.* Устойчивость закарстованных территорий. М.: Наука, 1989. 151 с.
4. *Махнатов С.А., Шувалова Н.М.* Проблемы оценки карстовой опасности для проекта метрополитена // Доклад на конгрессе «Великие реки 2013». 2013. С. 196-199.
5. *Мещерякова О.Ю.* Оценка степени агрессивности карстовых процессов (на примере Полазненского участка) // Вестник Пермского университета. 2011. С. 83-90.
6. Перечень национальных стандартов и сводов правил, в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». Распоряжение правительства Российской Федерации от 21 июня 2010г. № 1047-р.
7. Рекомендации по проведению инженерных изысканий, проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений на закарстованных территориях Нижегородской области // Департамент по градостроительному развитию Нижегородской области, НП СРО «Инженерно-геологические изыскания в строительстве». Нижний Новгород, 2012.
8. *Толмачёв В.В.* О допустимых рисках строительства в карстовых районах // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2007. № 5. С. 19-21.
9. *Хоменко В.П.* Закономерности и прогноз суффозионных процессов. М.: ГЕОС, 2003.

ПРИНЦИПЫ ВЫДЕЛЕНИЯ СЕЙСМОГЕНЕРИРУЮЩИХ СТРУКТУР НА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЕ

С.А. Несмеянов

Институт геозкологии РАН им. Е.М. Сергеева, г. Москва, Уланский пер., 13, стр. 2.
Email: voa49@mail.ru

Проблема сейсмичности платформ, особенно древних, становится все более актуальной в связи с активизацией строительства на них ответственных инженерных сооружений. В нашей стране это в первую очередь относится к

Восточно-Европейской платформе (ВЕП), где расположена, кроме всего прочего, большая часть АЭС.

Одним из главных аспектов данной проблемы является вопрос о природе сейсмогенерирующих структур (СГС). Дело в том, что большая часть схем общего сейсмического районирования ВЕП опиралась исключительно на сейсмологические материалы. По существу только схема ОСР-97 [4] базировалась на линеаментно-доменно-фокальной модели (ЛДФ), тектонической основой которой была схема линеаментов. Известно, однако, что трассировка линеаментов неоднозначна (Л.А. Сим, В.Г. Трифонов и др.), а природа большинства из них – спорна. В настоящее время делаются попытки (А.А. Никоннов, М.Л. Копп и др.) привлекать в качестве СГС активные приповерхностные разрывы.

Указанные попытки выделять СГС опирались в основном на приповерхностные структуры, которые нередко затухают в платформенном чехле или не находят отражения в деформациях платформенного фундамента. Между тем очаги достаточно сильных (более 6-7 баллов) землетрясений в большинстве случаев располагаются на глубинах более 10 км и находятся в пределах консолидированного платформенного фундамента.

На этом основании автором в качестве **главного структурного фактора** было предложено связывать СГС древних платформ, в том числе ВЕП, с активными структурами в фундаменте [7, 10], а в качестве наиболее активных относительно молодых структур фундамента ВЕП предлагалось считать авлакогены, рифты (или рифтоподобные структуры), грабены, реже отдельные активные разрывы [2, 3, 5, 6, 9]. При этом авлакогены, рифты и грабены объединялись в категорию шовно-депресссионных зон. Отмечалось, что для активных разрывов важно учитывать их кинематический тип.

На *Балтийском (Фенноскандинавском) щите* линейная концентрация землетрясений связана преимущественно с грабенами, например, с грабеном Ботнического залива, который часто относится к авлакогенам [5]. В районе Кольского полуострова также выделяются линейные СГС [3]. В целом здесь наиболее вероятны два типа СГС: 1) шовно-депресссионный и 2) шовно-сбросовый. К шовно-депресссионным зонам, безусловно, относятся Ботническая, Кандалакшско-Архангельская зоны и грабен Осло. Шовно-сбросовыми зонами могут считаться Кольско-Мезенская, Хибинская и, по-видимому, Онежско-Чешская. Некоторые исследователи считают основные шовно-депресссионные зоны, в том числе, Готландско-Ботническую и Финскую зоны грабенов, структурами начальной (позднечетвертичной) стадии рифтогенеза [2]. Поскольку в них не проявилось полного набора признаков рифтогенеза (например, нет синхронного грабенообразования базальтового вулканизма), правильнее остановиться на шовно-депресссионной природе этой части СГС Балтийского щита. Здесь, как и в шовно-депресссионных зонах орогенов, цепочки сейсмических очагов трассируют краевые разрывы грабенов и прилегающие части их поднятых крыльев.

Важнейшие шовные структуры *Русской плиты* – авлакогены, грабенообразные впадины глубиной от 1-2 до 5 км, реже до 10-15 км (Днепрово-

Донецкий авлакоген). Их борта и днища имеют ступенчатое и клавишное строение, поскольку рассекаются продольными, реже диагональными и поперечными крутыми сбросами с амплитудами смещения от нескольких сотен метров до первых километров. В байкальскую тектоническую эпоху предшествующее (рифейское) растяжение иногда сменялось горизонтальным сжатием, сбросы превращались во взбросы, а внутри некоторых авлакогенов возникали горстовые инверсионные поднятия. В отдельных авлакогенах, например, в Кировском и Доно-Медведицком, во второй половине девона возобновлялось интенсивное погружение, а Днепрово-Донецкий авлакоген в позднем девоне не только регенерировался, но и значительно увеличился по простиранию к северо-западу. Прогибание в нем продолжалось до ранней Перми. Известны фазы активизации ряда авлакогенов в мезозое и даже в начале кайнозоя, когда в плитном чехле над ними были сформированы инверсионные валлообразные структуры типа плакантиклиналей [6]. Это свидетельствует о возможности молодой активизации авлакогенов, рассматриваемых в качестве шовных зон.

В краевой части плиты нередко оказываются обновленными древние грабены, например, Ладожский, Кандалакшский и др.

Уже появился ряд публикаций, подтверждающих связь довольно сильных землетрясений с авлакогенами, грабенами и шовно-сбросовыми зонами. Так, на востоке Русской плиты ряд сейсмических очагов тяготеют к бортам Камско-Бельского авлакогена [3]. Связь сейсмических очагов с бортами Кировско-Кажимского авлакогена проявляется совершенно очевидно [3]. На юге плиты намечается два различных типа структурной приуроченности землетрясений [9]. Первый тип связан с северным бортом неоднократно обновлявшегося Днепрово-Донецкого авлакогена, а также с обновлением разрывных структур. Они отмечаются в районах городов Харьков и Ворошиловград. Второй тип структурной приуроченности землетрясений связан с орографически выраженными Липецким и Калужско-Курским новейшими разрывами, которые пересекают Воронежскую антеклизу в северо-северо-восточном направлении. Сейсмичны также структурные узлы пересечения этих разрывов с Суджанско-Икорецким разрывом [9]. Характерно, что очаги землетрясений располагаются на глубинах до 10 км, т.е. там, где в районе Липецкого разлома геофизическими исследованиями обнаружены субгоризонтальные неоднородности (на глубинах 4-8 и 8-14 км). Предполагается поэтому связь очагов с узлами пересечения субвертикальных и субгоризонтальных разрывов. Поскольку каждая из упомянутых зон представлена не одним, а двумя-тремя субпараллельными разрывами, можно предполагать, что здесь формируются молодые грабеновые или сложные шовно-сбросовые зоны.

Специфическое сгущение эпицентров землетрясений связано с районом северо-западной части Припятского прогиба (впадины) и зоной его сочленения с Белорусской антеклизой. Здесь отмечается тесная связь слабых землетрясений с продольными разрывами (Северо-Припятским, Ляховичским, Речицким, Чернослободско-Малодушинским, Копаткевичским, Шестовичским, Сколодинским) [3]. Этот грабеннообразный прогиб ограничен с севера и юга

ступенчатыми краевыми сбросами с суммарным вертикальным смещением до 3-5 км, а ниже его разбито густой сетью менее крупных сбросов. С перераспределением верхнедевонской соли в восточной части прогиба связаны многочисленные криптодиapiroвые структуры, рост которых продолжался до конца палеозоя [6]. Очевидно, здесь имеет место шовно-депресссионная структура, которую часто трактуют, как палеорифт. При этом не исключается проявление и сдвиговых перемещений по разрывам. Неотектонические исследования Н.В. Макаровой свидетельствуют об унаследованном проявлении на новейшем тектоническом этапе ряда древних структур прогиба. Предполагается также, что часть землетрясений связана с техногенными факторами – выемкой и складированием больших масс горных пород на шахтных полях Солигорского месторождения.

Севернее в пределах Белорусской антеклизы землетрясения связаны с отдельными разрывами различной ориентировки [3]. Здесь можно предполагать преимущественно сбросовое обновление древних разрывов.

В качестве второго **наложенного фактора предлагается гляциоизостатический**, проявляющийся в области четвертичного оледенения [7,8,10]. Этот фактор сказался на значительной северо-западной части ВЕП, где в неоплейстоцене формировалось и исчезало несколько мощных ледниковых щитов. При этом, как показывают расчеты [1, 12 и др.], гляциоизостатические движения, амплитуды которых зависят от мощности льда, проявлялись не только в пределах указанных щитов. Проседания земной коры вызывали глубокий горизонтальный переток масс, который приводил к появлению по периферии ледникового щита пояса опусканий, а за ним – широкого вала компенсационных поднятий. Смещение границ этих деформаций в процессе многократных оледенений и их исчезновений естественно приводило к активизации структур, нарушающих кристаллический фундамент платформы. Современная сейсмичность, обусловлена еще и тем, что гляциоизостатическое воздымание, компенсирующее исчезновение последнего оледенения, еще не завершилось.

Как показали исследования в северо-западной части Русской плиты [8,10], сопоставление сейсмологических материалов с трассой фронта последнего материкового оледенения однозначно показало, что все выявленные собственно тектонические землетрясения располагаются исключительно на территории распространения довольно мощного покрова этого оледенения. Согласно теоретическим расчетам, на расстоянии от его фронта примерно в 50-100 км, мощность данного ледника могла достигать 1 км, а амплитуда гляциоизостатических прогибаний и последующих воздыманий – до 0.3 км. Учитывая, что в центральной части Фенноскандии существуют отрицательные изостатические аномалии интенсивностью около 40 мгл., будущее ее воздымание оценивается в 0,15-0,3 км [1]. Эти движения по суммарной амплитуде соизмеримы с амплитудами вертикальных неотектонических движений, которые осуществлялись на протяжении 35-37 млн. лет [2]. Следовательно, гляциоизостатические движения последнего оледенения, реализовавшиеся на протяжении 20 тыс. лет, были в среднем на три порядка величин

интенсивнее неотектонических. При таких амплитудах и скоростях вертикальных гляциоизостатических движений вполне вероятно недавнее (в том числе голоценовое) “оживление” разрывных зон с блоковыми движениями амплитудой в десятки метров. В эту область локализации современной сейсмичности входит весь Балтийский (Фенноскандинавский) щит и прилегающие части Русской плиты [7,10].

Исследования в северо-западной части Русской плиты [10] позволили выявить большое разнообразие СГС. Здесь присутствуют шовно-авлакогенная, шовно-антиклинальная мелкоблоковая, ряд разрывных, флексурно-разрывных и флексурных зон. Известно о сеймотектоническом обновлении рифейского Ладожского грабена с приуроченностью землетрясений к молодым краевым сбросам. В зоне сопряжения щита и плиты проявляются также локальные разрывы сдвигового и, возможно, взбросо-надвигового типов. Вероятно сеймотектоническое обновление грабенообразной структуры Финского залива [2,3 и др.].

Распределение СГС в пределах ВЕП хорошо вписывается в схему единства динамических систем литосферы орогенов и прилегающих частей платформы [11]. Так, на востоке ВЕП основные СГС параллельны Уральскому орогену, на ее юге Днепровско-Донецкий влакоген субпараллелен Альпийскому орогеническому поясу, а на северо-западе платформы сейсмичность локализуется на границе щита с орогеном Скандинавских каледонид и располагается параллельно срединноокеанической зоне спрединга. Однако только предлагаемое представление о гляциоизостатическом влиянии позволяет определить юго-восточную границу сильной сейсмичности, не связанной с авлакогенами.

Из сказанного можно сделать следующие выводы.

1. Достаточно определенно наметилось различие в характере СГС и уровне сейсмичности для двух соизмеримых по площади зон древней платформы, разделенных границей распространения последнего ледникового покрова. Различие в наборе СГС определяется разной природой современных тектонических напряжений (преимущественно гляциоизостатических на северо-западе и тектонических на юге и востоке).

2. Для выявления и характеристики СГС ВЕП необходим совместный и детальный анализ погребенных древнейших и приповерхностных новейших и четвертичных структур. Важно изучение не только основных этапов развития древних структур, но и признаков их последующего обновления. Кроме того, полезна характеристика соотношения древних структур с новейшими и проявления в новейших структурах признаков унаследованности более древних деформаций.

3. Требуется особое изучение возможное усиление сейсмической активности в узлах сочленения пересекающихся линейных СГС.

Литература

1. *Артюшков Е.В.* Геодинамика. М., 1979. 328 с.
2. *Гарецкий Р.Г., Айзберг Р.Е., Карабанов А.К. и др.* Новейшая тектоника и геодинамика Центральной Европы // Геотектоника. 1999. № 5. С. 3-14.
3. Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы. Кн. 1: Землетрясения. Петрозаводск: КНЦ РАН, 2007. 391 с.
4. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Масштаб 1:8 000 000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах. В.И. Уломов, Л.С. Шумилина. М.: ОИФЗ РАН, 1999. 57 с.
5. *Милановский Е.Е.* Рифтогенез в истории Земли (рифтогенез на древних платформах). М.: Недра, 1983. 280 с.
6. *Милановский Е.Е.* Геология СССР. Часть 1. М.: Изд-во МГУ, 1987. 416 с.
7. *Несмеянов С.А.* Шовные зоны как верхнекоровые сейсмогенерирующие структуры // Геоэкология. № 1. 2012. С. 5-28.
8. *Несмеянов С.А., Лутиков А.И., Воейкова О.А., Донцова Г.Ю.* Сейсмичность северо-западной части Русской плиты и ее гляциоизостатическая природа // Геоэкология. 2010. № 2. С. 141-156.
9. *Никонов А.А., Белоусов Т.П., Энман С.В.* Землетрясения юга Восточно-Европейской платформы и их структурная позиция // Физика Земли. 2001. № 5. С. 30-44.
10. Сеймотектоника плит древних платформ в области четвертичного оледенения / Р.Е. Айзберг, А.Г. Аронов, Т.И. Аронова, С.А. Бояркин, О.А. Воейкова, Р.Г. Гарецкий, Г.Ю. Донцова, И.В. Дудлер, Л.И. Иогансон, А.К. Карабанов, А.И. Лутиков, В.И. Макаров, С.А. Несмеянов, В.Г. Николаев, А.А. Никонов, М.Т. Ойзерман, Л.И. Серебрякова, Р.Р. Сероглазов, Н.М. Хайме. М.: «Книга и Бизнес», 2009. 288 с.
11. *Юдахин Ф.Н., Щукин Ю.К., Макаров В.И.* Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 300 с.
12. *Morner N.-A.* The Fennoscandian uplift and Late Cenozoic Geodynamics: Geological evidens // GeoJournal. 1979. Vol. 3. № 3. P. 287-318.

К ОЦЕНКЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ОТ УДАЛЕННЫХ ГЛУБОКОФОКУСНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ВЫСОКИХ ЭТАЖАХ ЗДАНИЙ МОСКВЫ

А.А. Никонов

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (ИФЗ РАН),
123995, Москва, Б. Грузинская ул., 10. E-mail: nikonov@ifz.ru

В Москве, как известно, существует несколько проблем, связанных с обеспечением устойчивости и сохранности строений и коммуникаций при разного рода внешних воздействиях, а также поддержания бесперебойной работы технических служб и спокойствия населения. Здесь внимание сосредоточено на одной из них, обозначенной в заголовке.

Москва – это мегаполис с территорией ядра около 1000 км², в котором проживают более 10 млн. человек. Мегаполис и его окружение кардинально изменились за последние 60 лет: резко увеличилась площадь города, его население, жилые площади и коммуникации расширились во много раз, усложнилась инфраструктура. Произошло и продолжает осуществляться мощное вмешательство в подземное пространство на глубину от 5–60 до 100 м с быстрыми (и слабо контролируруемыми) изменениями его свойств, влагонасыщенности, путей подземного стока (метрополитен, подземные коммуникации, сооружение автопарковок и др.). Изменения геологической среды на вновь осваиваемых территориях проявляются также в расширении площадей с насыпными грунтами, имеющими резко отличающиеся от натуральных свойства, в изменениях свойств грунтов под неравномерными нагрузками, в серьезных нарушениях трасс водных потоков, уровня и режима подземных и грунтовых вод и др. Сооружения, в том числе многоэтажные, одиночные и в комплексах, стали более уязвимы. Значительные площади города подтоплены именно в последние десятилетия, что обеспечивает усиление колебаний и снижает устойчивость сооружений и коммуникаций. Резко возросло число многоэтажных (10–16 этажей) и высотных (от 24–30–60 до 100–150 этажей) зданий, где повреждения, и паника при сотрясениях неизбежны, а возможности помощи людям и их срочной эвакуации не обеспечены или обеспечены не в полной мере.

Разнообразные техногенные аварии, в мегаполисе – явление достаточно обычное и контролируемое. Сложнее обстоит с предвидением и подготовкой к редким внешним сейсмическим воздействиям. На протяжении столетий, всегда неожиданно и потому особенно чувствительно, город подвергается сотрясениям от тектонических землетрясений с весьма удаленными очагами [1-4]. За последние 200 с лишним лет, начиная с 1802 г., в столице трижды (в 1940, 1977 и 1986 гг.) ощущались сейсмические колебания, порожденные глубокофокусными землетрясениями в зоне Вранча с магнитудами, соответственно: 7,3, 7,4 и 7,1. Землетрясение 4.III.1977 г. вызвало заметный социальный резонанс, поскольку интенсивность сотрясений достигала на уровне первых этажей IV баллов, на 14–18 этажах зданий башенного типа – VI, в отдельных случаях – до VII баллов. В 2013 г. обнаружился ранее неизвестный очаг, гораздо более удаленный, но тем не менее вызвавший смятение в ряде районов города и окрестностей [5].

Проблема уязвимости высотных зданий возникла с начала с 50-х годов XX века, когда стали появляться «сталинские» высотки, а затем более явно проявилась в XXI в., с началом массового высотного строительства в столице. К 2008 г. в пределах города (в тогдашних его границах) насчитывалось 63 комплекса высотных объектов с учетом строившихся. Ныне на окраинах Москвы, в пригородах и городах Подмосковья таких объектов еще свыше 200. В ближайшие десятилетия, безусловно, тенденция нарастания темпов высотного строительства. Масштаб проблемы теперь очевиден.

Неизвестно, чтобы во второй половине XX века на высоких этажах зданий проводились какие-либо специальные наблюдения или измерения.

Даже макросейсмические сведения после Вранчского землетрясения 4.III.1977 г. в печати не появились, и автору пришлось их собирать «поштучно». В 2013 г. сбор сведений был более организован, но осуществлен также в малом объеме [5].

Распределение по этажам доли (% от общего числа) собранных сведений от очевидцев о сотрясениях в г. Москве при землетрясениях 4.III.1977 и 24.V.2013 (рис. 1.) демонстрирует неравномерность и неполноту собранных сведений (по этажам, особенно выше 15-17 этажей).

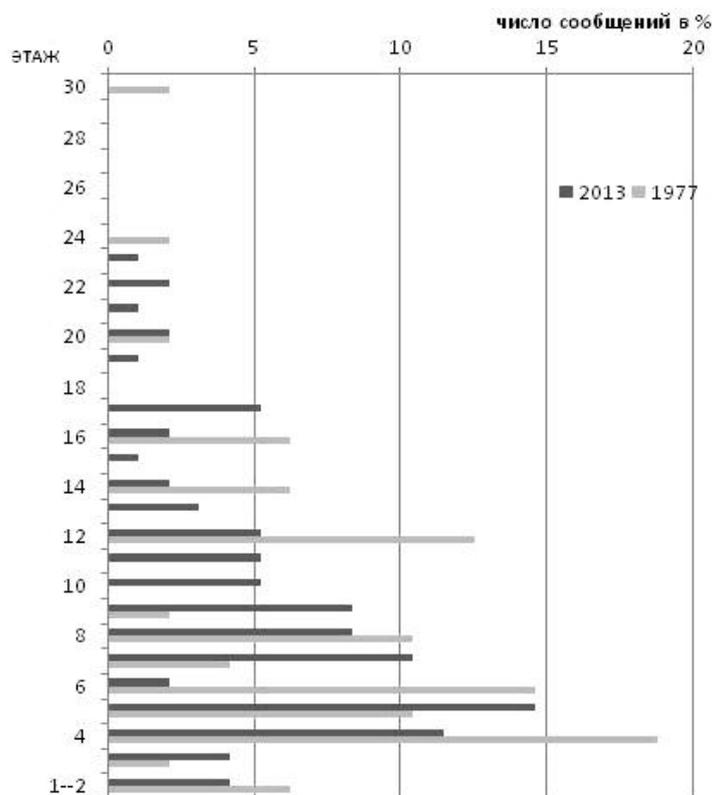


Рис. 1. Сейсмические воздействия в Москве от удаленных глубокофокусных землетрясений в зависимости от высоты зданий (1977 г. – 48 пунктов, 2013 г. – 96 пунктов)

Собранный к настоящему времени наблюдательный материал, для мегаполиса, разумеется, совершенно недостаточный, дает только некоторые ориентиры, чтобы наметить возможности того, что может иметь место при более сильных воздействиях от редких, но регулярно проявляющихся на Русской равнине сейсмических сотрясений от сильных глубокофокусных землетрясений в Румынии.

На рис. 2 отражено изменение *интенсивности сотрясений* при каждом из рассматриваемых событий по этажам и их группам (высотным секциям). По высотным секциям интенсивность изменяется от II–IV баллов на двух первых этажах до VI–VII баллов на этажах выше 24-го (судя по единичным сведениям оттуда). Эти определения не означают, что именно такие сотрясения присущи колебаниям от удаленных глубокофокусных сотрясений во всех зданиях по всей Москве. Это только пределы, определяемые по двум событиям, т.е. тренд, определяемый в первом приближении. Тем не менее, даже по имеющимся данным можно заключить, что в высотных зданиях, на этажах выше 20–24, в городе возможны эффекты не только психологического свойства и в виде некоторой дезорганизации жизни (как и было местами в 1977 г.), но и мелкие повреждения неконструктивного характера зданий и внутренней обстановки в них.

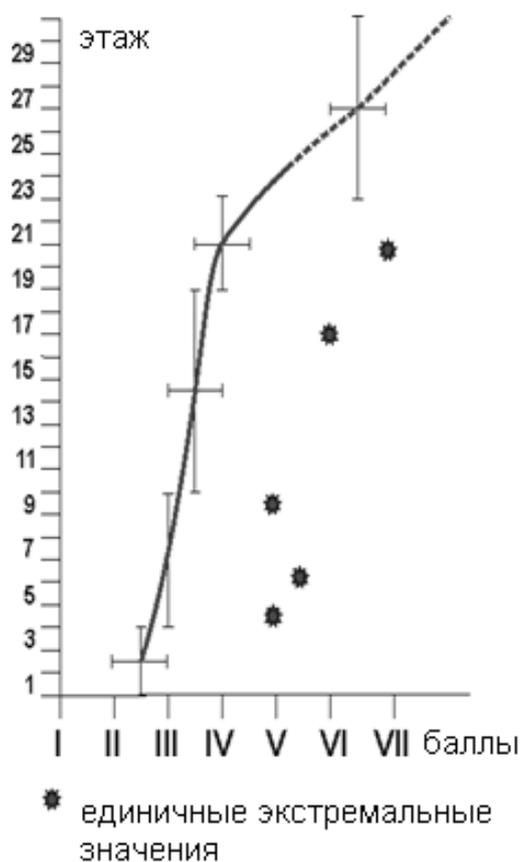


Рис. 2. График распределения интенсивности сотрясений зданий по высоте (этажам)

Фактически ныне можно считать реальностью только два общих положения, которые были predeterminedены a priori.

1. Степень реакции зданий в столице на слабые сейсмические воздействия прямо зависит от длительности существования и конструктивных особенностей зданий и качества строительства.

2. В общем случае сейсмические воздействия возрастают с ростом этажности здания, но их конкретные проявления зависят и от ряда других причин, таких как грунтово-геологические условия, конструкция, ориентация длинных осей, характерные спектры колебаний в соотношении со спектральными характеристиками землетрясений из разных удаленных очагов и др.

Землетрясение 4.III.1977 г. не было максимальным по выделенной энергии. Его магнитуда определена $M=7,1\pm 0,2$. Между тем, в той же очаговой зоне Вранча землетрясения 10.XI.1940 и 26.X.1802, сотрясения от которых достигали Москвы, имели более высокие значения магнитуд $M=7,3-7,5$. Соответственно они могли, если бы в то время существовали столь высокие здания как теперь, вызвать и более сильные колебания. Не исключены столь же высокомагнитудные землетрясения во Вранчском очаге и в будущем.

Из имеющегося материала по историческим землетрясениям 1802, 1940 гг. и последним, 4.III.1977 и 24.V.2013 гг., как они наблюдались в Москве, можно наметить некоторые заключения.

С ростом в городе этажности застройки и удельного веса высокоразноэтажных зданий ситуация меняется – интенсивность колебаний (преимущественно горизонтальных) возрастает до III–IV баллов на 10–18 этажах, На этажах примерно от 20-го и выше сотрясения могут иметь интенсивность IV–VI баллов, т.е. вызывать не только испуг, но и панику, даже могут возникать отдельные повреждения за счет сильного бокового раскачивания высотных зданий. В единичных фиксированных случаях колебания в высотных сооружениях (Спасская башня, главное здание МГУ на Воробьевых горах, Успенский собор на вершине Кремлевского холма) оцениваются по шкале MSK-64 до V–VII баллов.

Особенно проблематична сейсмическая устойчивость к колебаниям одноподъездных башен, в особенности панельных домов и сооружений в условиях подтопления и на насыпных (искусственных) грунтах при отсутствии специальных мероприятий в период строительства и эксплуатации.

Средний период повторения возможных (не максимальных) сотрясений на территории Москвы можно оценить в десятки (25–50) лет, что не исключает более коротких периодов повторения. Отсюда следует, что полученные по минимальным сведениям оценки для высоких ярусов в 1977 и 2013 гг. не могут считаться завышенными; их правомочно принимать как вполне возможные и на них ориентироваться при оценках максимально возможных в будущем воздействий и в инженерных расчетах.

Из имеющихся сведений по историческим землетрясениям можно наметить некоторые заключения.

Литература

1. Никонов А.А. Сильные землетрясения в Москве: возможны ли они // Наука в России. 1997. № 5. С. 30-31.
2. Никонов А.А. Землетрясения в Московском регионе // Глава в кн.: Москва. Геология и город. М.: Моск. учебники и картолитография, 1997. С. 173-180.
3. Никонов А.А. Макросейсмические эффекты Карпатских глубокофокусных землетрясений в Москве – исторические уроки // Сейсмологические наблюдения на территории Москвы и Московской области. Обнинск, 2012. С. 70-77.
4. Сейсмологические наблюдения на территории Москвы и Московской области. Материалы научной конференции / Отв. ред. А.А. Маловичко. Обнинск: ГС РАН, 2012. 176 с.
5. Жигалин А.Д., Завьялов А.Д., Миндель И.Г., Никонов А.А., Попова О.Г., Рогожин Е.А., Рузайкин А.И., Севостьянов В.В. Феномен Охотскоморского землетрясения 24 мая 2013 г. в Москве // Вестник РАН. № 7. С. 601-609.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ В ГОРОДАХ ПРИАМУРЬЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ КАТАСТРОФИЧЕСКОГО НАВОДНЕНИЯ 2013 г.

Т.И. Подгорная

Тихоокеанский государственный университет, 680035, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136.
Email: tat-podg @ yandex.ru

Перспективы развития дальневосточных городов, расположенных в долине Амура, рассматриваются с учетом повышения степени их защищенности от опасных геологических процессов. Катастрофическое наводнение 2013 г. вызвало активизацию комплекса современных природно-техногенных геологических процессов на обширной территории в прибрежной зоне реки, где длительное время продолжается интенсивное освоение для промышленного, гражданского строительства. На островах в пределах Хабаровска и на приграничном с Китаем острове Большой Уссурийский планируется развития торговых комплексов, рекреационных зон и фермерских хозяйств. Изменения состояния геологической среды, произошедшие в период затопления и последующее время, существенно повлияли на планы градостроительного развития всех городов Приамурья.

Долина Амура неоднородна по инженерно-геологическим условиям для строительного освоения, начиная от Благовещенска и Хабаровска и кончая Комсомольском-на-Амуре и Николаевском-на-Амуре. Неоднородность характерна для каждого элемента геологической среды. Рельеф прибрежной зоны характеризуется развитием четырех надпойменных террас, которые лишь местами сменяются низкими горами, холмами и увалами.

Особенности природной геологической среды подчеркивает также геологическое строение в сфере взаимодействия с инженерными сооружениями на равнинных участках и в пределах холмистой и горной территории. Разнообразен литологический состав образований водной группы, слагающих пойму и надпойменные террасы Амура, где распространен комплекс глинистых отложений (глины, суглинки, супеси от твердой консистенции до мягко- и текучепластичной консистенции), песчаных и гравийно-галечниковых отложений. Состав скальных пород чрезвычайно изменчив на береговых участках гор, холмов и увалов, когда в среднем течении р. Амур протекает в отрогах хр. Малый Хинган, Буреинского, хр. Хехцир, хр. Хоми, а в низовьях – в северных отрогах хр. Сихотэ-Алинь. Это – разновозрастные метаморфические породы, осадочные породы, интрузивные и эффузивные магматические породы. Они отличаются специфическим петрографическим составом, прочностными свойствами, степенью размягчаемости в воде.

В соответствии с гидрометеорологическими особенностями региона и геологическим строением определенных участков в долине Амура можно унифицировать основные типы временных и постоянных водоносных горизонтов, которые могут быть причиной развития опасных геологических процессов и способны негативно влиять на строительство и эксплуатацию инженерных сооружений. Преимущественное значение в этих случаях имеют техногенные воды в насыпных грунтах, верховодка, развитая спорадически в глинистых грунтах; постоянные водоносные горизонты в слоях песчаного и гравийно-галечникового состава; реже проблемы строительного освоения связаны с трещинными водами в зоне выветривания или повышенной трещиноватости скальных пород.

Тектонические зоны также оказывают неблагоприятное влияние на геологическую ситуацию в городах, повышая трещиноватость грунтов, снижая их плотность и прочность, увеличивают сейсмическую опасность грунтов для градостроительства. «Горячими зонами» в долине Амура являются места пересечения с крупными активными разломами, оконтуривающими Средне-Амурскую впадину, а также место пересечения с крупным трансрегиональным разломом северо-восточного простирания Тан-Лу, где в современных условиях регистрируется немало очагов землетрясений магнитудой более 3 [2].

Современные экзогенные процессы в долине Амура представлены следующим комплексом: эрозионные (речная эрозия, оврагообразование, плоскостной смыв), гравитационные (оползни, осыпи, обвалы), гидрогеологические (подтопление, суффозия, карст, заболачивание) и техногенные процессы (техногенный литогенез). Значительное осложнение в развитие этих процессов вносит высокая сейсмичность территории (по карте А, ОСР-97 6–8 баллов), что повышает активность речной эрозии, гравитационных процессов. Примечательно, что приходящие от отдаленных очагов волны землетрясений до 4,5 баллов часто ощущаются жителями городов на территории Хабаровска, Амурска, Комсомольска-на-Амуре и Николаевска-на-Амуре. Такие сотрясения не оказывают негативного влияния на устойчивость существующих

сооружений. Вместе с тем, в случае одновременного проявления землетрясений и экзогенных процессов риск совместных разрушительных последствий повышается.

В долине Амура в зону обычных паводков 10% обеспеченности попадает около 60 городов и населенных пунктов; 1,9 млн. га земель, пригодных к использованию. Крупные наводнения на Амуре происходили чаще всего в годы высокой солнечной активности в 1897, 1932, 1951, 1981, 1984, 1986, 1991, 1998 гг. В это время уровень воды в реке, например, в районе Хабаровска поднимался более, чем на 600 см и затапливал обширную территорию. Наводнение, случившееся на Амуре в июле – сентябре 2013 г., останется в истории России как неординарное событие, т.к. оно имело наиболее катастрофичный и разрушительный характер. Уровень воды в реке в районе Хабаровска, превысив исторический максимум 642 см (1897 г.), оказался выше расчетного уровня 1% обеспеченности на 104 см (рис. 1).

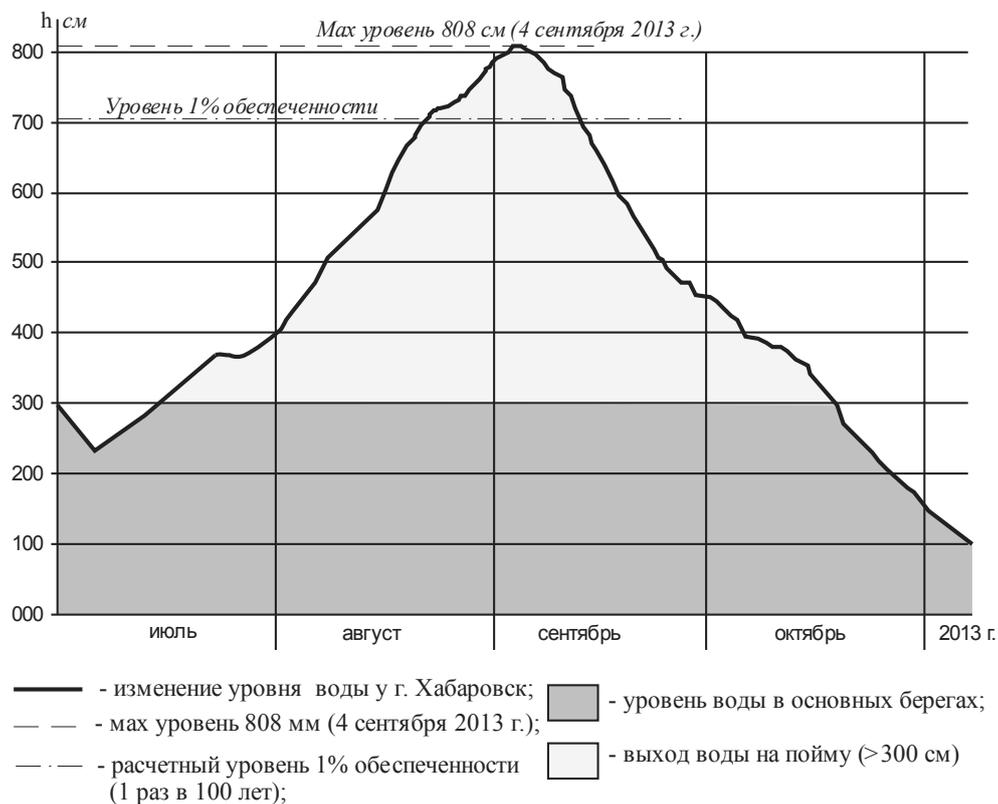


Рис. 1. Изменения уровня воды в период паводка на Амуре, 2013 г. [2]

Наводнение в долине Амура и его притоков повлекло за собой затопление островов, поймы и надпойменной террасы. Общая площадь затопленных земель составила более 3 млн. га [1]. В Хабаровске пик паводка был зафиксирован 4 сентября 2013 г., когда уровень достиг отметки 808 см. Значительно пострадал расположенный на равнине г. Комсомольск-на Амуре (особенно пос. Молодежный), когда 12 сентября 2013 г. уровень воды в реке поднялся до отметки 912 см и также превысил исторический максимум. В процессе быстрого повышения уровня воды в реке происходило затопление городских кварталов, промышленных объектов, речных портов, сельхозугодий, разрушение мостов, дорог, трубопроводов, гидротехнических сооружений. Потребовалась экстренная эвакуация населения из зоны затопления, закрытие проездов по городским автомагистралям, отсыпка высоких защитных дамб. Для г. Николаевска-на-Амуре длительность затопления паводком увеличилась в связи со штормовым нагоном морских вод из Татарского пролива.

Длительность затопления на многих участках прибрежной зоны Амура и островных территорий превышала два месяца. На островах Большой Уссурийский, Дачный, Кабельный погиб урожай в фермерских хозяйствах и на дачных участках горожан. Не работали затопленные предприятия малого бизнеса. Долго пришлось ждать спада воды и осушения поверхности владельцам частных домов, чтобы оценить свои потери, дожидаться решения комиссий о признании их жилищ непригодными для дальнейшей эксплуатации или получить материальную помощь на ремонт и восстановление домов. Общий ущерб от наводнения в Приамурье составил более 520 млрд. руб.

Существенные изменения произошли и в геологической среде. Возросшая скорость течения воды в Амуре до 2,5 м/с вызвала размыв поверхности и плоскостной смыв плодородной почвы на затопленной освоенной территории. В углублениях рельефа и искусственных выемках образовались долго не высыхающие водоемы. Устья ручьев, впадавших в реку, превратились в мелководные заливы. За счет боковой и глубинной эрозии образовались эрозионные уступы. В результате аккумуляции наносов увеличилась площадь островов, образовались новые острова, косы и пляжи. Столб речной воды высотой от 0,5 м до 7 м на затопленных участках в Хабаровске и Комсомольске-на-Амуре вызвал уплотнение поверхностного слоя грунтов. Подземные воды в слоях песка, гидравлически связанные с речной водой, «прореагировали» повышением уровня и скорости движения. В зоне затопления в насыпных грунтах сформировались новые техногенные водоносные горизонты, а в глинистых грунтах появились линзы верховодки. На участках подпора подземного потока речными водами отмечался выход подземных вод на поверхность в понижениях рельефа по «фильтрационным окнам». Как следствие, – далеко за пределами прибрежной зоны «в тылу» происходило заболачивание и затопление городских территорий, подтопление подземных сооружений, фундаментов, подвалов жилых домов, трубопроводов. Отмечено техногенное химическое и биологическое загрязнение подземных вод при инфильтрации хозяйственно-бытовых и промышленных вод из коллекторов, в связи с их «фонтанированием» из канализационных колодцев из-за нару-

шения (подпора) стока на городских канализационных очистных сооружениях, расположенных в пойме реки.

Изменения влажностного режима, а также увеличение гидростатического и гидродинамического давления в грунтах на затопленных территориях в пределах поймы и надпойменных террас прямо или косвенно стали причиной возникновения комплекса неблагоприятных природно-техногенных геологических процессов. На равнинной территории в их числе – суффозия, подтопление, заболачивание, усиление морозного пучения грунтов, техногенный литогенез. У подножья склонов холмов в Хабаровске и пригородной зоне в результате их затопления и боковой эрозии повсеместно активизировались оползни и осыпи.

В Хабаровске многие прибрежные участки, благоустроенные в результате целенаправленного накопления техногенных отложений, оказались в зоне затопления. Была скрыта под водой территория стадиона им. Ленина, где 55 лет назад на заболоченной пойме Амура была возведена насыпь площадью 6 га мощностью 5-11 м. Насыпь, сложенная древесно-щебенистыми грунтами и разнозернистыми песками, служит основаниями фундаментов для многих спортивных сооружений. Аналогичные техногенные отложения большой мощности существуют на участках набережных и пляжей в ЦПКиО, на территории хабаровского речного порта. На правом берегу Амурской протоки в Хабаровске существуют два старых золоотвала, где мощность золошлаковых отходов достигает 7-12 м. Ущерб от затопления золоотвалов заключался в химическом и механическом загрязнении речной воды. В насыпных грунтах на многих участках происходил суффозионный вынос тонкодисперсного материала с образованием провалов и деформаций сооружений. В частности, возникшие во время наводнения суффозионные провалы в дорожном полотне ул. Пионерской вызвали аварийную ситуацию и приостановку движения автотранспорта. Разрушение причалов и подпорных стенок в речном порту создало проблемы для судов в навигационный период 2014 г. На набережной Амура в центральном парке деформации и появление провалов представляли опасность для людей, и потребовалось ее закрытие на ремонт. Деформации и разрушение трубопроводов и канализационных коллекторов стали причиной загрязнения городской среды, потребовалась санация территории в жилой зоне.

Предварительные прогнозы негативного влияния затопления и подтопления на устойчивость жилых зданий и снижения прочности грунтов [3] подтвердились в результате специальных исследований 2014 г, которые заключались в оценке технического состояния стен, подвалов и фундаментов ряда затопленных зданий после спада воды и в последующий зимний период, а также в определении физико-механических свойств грунтов оснований.

Для решения проблемы комплексной защиты освоенных территорий от наводнений и сопутствующих геологических процессов в долине Амура необходимо использовать основные закономерности состояния и изменений геологической среды. Такую возможность дает инженерно-геологическое районирование освоенной территории Приамурья [4].

По предварительным оценкам ученых и специалистов [1] в бассейне нижнего Амура необходимо укрепление береговой линии в Амурской области – более 11 км, в Еврейской автономной области – более 5 км, в Хабаровском крае – более 12 км.

В заключение, следует отметить, что методы защиты прибрежных зон городов, расположенных в долинах рек многообразны. Важно, что в новых генеральных планах для реконструкции пострадавших населенных пунктов Приамурья, предусмотрены повышение отметок рельефа путем отсыпки насыпей с учетом критического уровня затопления в 2013 г., использование защитных дамб, совмещаемых с дорогами и набережными, а также устройство дренажных систем с применением современных технологий, строительство удерживающих противооползневых сооружений на оползневых участках и другие меры.

Литература

1. *Волосухин В.А., Анискин Н.А.* Уроки наводнения на Амуре // Гидротехника. 2013. № 4. С. 5-9.
2. *Подгорная Т.И.* Опасные природно-техногенные геологические процессы на освоенной территории Дальнего Востока России. Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 213. 285 с.
3. *Подгорная Т.И.*, Прогноз изменения геологической среды Хабаровска в результате катастрофического наводнения на Амуре / Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2013. Вып. 13. С. 23-29.
4. *Подгорная Т.И.*, Прогноз и оценка природных рисков для строительства на региональном уровне / Новые идеи нового века 2010. Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2010. Т. 2. С. 228-235.

ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ ПРОЦЕССА ПОДТОПЛЕНИЯ

В.А. Пырченко

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева (РАН). Email: vapo41@list.ru

В неблагоприятном воздействии процесса подтопления на здание можно выделить две последовательные стадии. На первой, когда уровень подземных вод (УПВ) находится в пределах сжимаемой толщи грунта, негативное влияние подтопления сказывается в снижении прочностных и деформационных характеристик грунтов основания. Вторая стадия негативного воздействия подтопления начинается тогда, когда воды верхнего водоносного горизонта входят в соприкосновение с подземной частью сооружения. Характер

их негативного воздействия меняется, начинается процесс коррозионного разрушения заглубленной части здания (при отсутствии её гидроизоляции).

Потеря несущей способности грунта основания при замачивании в результате изменения прочностных свойств и уменьшения несущей способности грунта основания здания приводит к появлению различного вида повреждений здания, вызванных ненормативной осадкой или креном сооружения. Часто такие последствия наблюдаются при обследовании состояния памятников архитектуры, которые строились без учета возможного подъема УПВ. В настоящее время это происходит в тех случаях, когда здания или сооружения проектируют без учета полного водонасыщения грунтов основания, что нередко наблюдается в последние годы в практике проектирования. Бывают случаи, когда реальная скорость подъема УПВ превышает прогнозную, например, при изменении гидрогеологического режима в результате появления новых источников питания или влияния вновь возводимых сооружений, особенно при возникновении барражного эффекта.

Водонасыщение грунтов вызывает изменение напряженного состояния грунтов оснований вследствие проявления сил гидростатического давления и гидродинамического взвешивания воды в грунте. При подъеме УПВ в грунтах оснований возникают дополнительные вертикальные нормальные напряжения, величина которых определяется динамикой продвижения фронта насыщения. Для зоны, расположенной ниже границы фронта, эти напряжения являются эффективными и вызывают дополнительные осадки.

Кроме того, рост водонасыщения грунта ведет к нарушению структурных связей и ухудшению показателей прочностных и деформационных свойств грунта. По оценкам специалистов [2] при подтоплении сцепление глинистых грунтов уменьшается в 2...2,5 раза; угол внутреннего трения – на 10...15%; модуль деформации E снижается в 2...3,5 раза. Для песков модуль деформации снижается на 14...50%, для суглинков – в 2...4 раза.

В институте НИИОСП им. Н.М. Герсеванова проводились специальные исследования снижения деформационных свойств непросадочных грунтов в результате их водонасыщения [1]. Был проведен анализ и статистическое обобщение большого фактического материала определений деформационных характеристик грунтов с целью установить степень снижения модуля деформации суглинков и глин четвертичного комплекса, распространенных на территории г. Москвы, в результате их обводнения. Грунты были разбиты на три группы по степени влажности S_r . К водонасыщенным отнесены грунты, для которых $S_r > 0,85$. В результате были получены коэффициенты K , характеризующие снижение модуля деформации неводонасыщенных глинистых грунтов при их водонасыщении. Для грунтов с начальной степенью влажности $S_r < 0,75$ – коэффициент снижения модуля деформации K равен 1,58...1,67, т.е. $E_{вл} = E/K$. Для грунтов с начальной степенью влажности $S_r = 0,75...0,85$ – коэффициент снижения модуля деформации равен 1,25...1,27.

Далее была произведена оценка возможных дополнительных осадок эксплуатируемых зданий в связи с уменьшением модуля деформации. Осадка

здания вычисляется по формуле, которая для условно-однородного основания имеет вид [4]:

$$S = 0,8 \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_i h_i}{E}, \quad (1)$$

где σ_i – среднее значение вертикального нормального напряжения в i -том слое грунта сжимаемой толщи;

h_i – толщина i -го слоя грунта;

n – число слоев, на которые разбита сжимаемая толща.

Исходя из этой формулы, величина осадки здания прямо пропорциональна коэффициенту снижения модуля деформации. Был рассмотрен наиболее неблагоприятный случай ухудшения деформационных свойств грунта при водонасыщении – когда начальная степень влажности минимальная. Коэффициент снижения модуля деформации при этом равен 1,6. Соответственно, начальная осадка при водонасыщении увеличивается в 1,6 раза, а дополнительная осадка составит разность увеличенной и начальной осадки, определенной на основе модуля деформации на стадии изысканий.

В Приложении 5 Рекомендаций [3] представлены величины предельных дополнительных деформаций для сооружений различных типов и состояния. В соответствии с этими данными, полученные результаты расчета дополнительной осадки более чем в половине случаев превышают допустимые значения.

С появлением систем автоматизированного проектирования стало возможным проанализировать, какие изменения происходят в конструктивных элементах здания при подъеме УПВ в основании здания. В Институте геоэкологии им. Е.М. Сергеева с участием сотрудников МГСУ было проведено имитационное моделирование (в среде Plaxis) возникновения дополнительных напряжений в конструктивных элементах здания при изменении УПВ в интервале от -20 м до подошвы фундамента. Было установлено, что наибольшие дополнительные напряжения испытывает здание с полным каркасом на столбчатых фундаментах.

Таблица 1

Расчет величины дополнительной осадки сооружения

Осадка S, см		
Начальная	Начальная × 1,6	Дополнительная
3	4,8	1,8
4	6,4	2,4
6	9,6	3,6
8	12,8	4,8
10	16,0	6

Эти данные были любезно предоставлены научным сотрудником НИИОСП им. Н.М. Герсманова О.И. Игнатовой.

Модельные расчеты производились для 16-ти этажного здания на условно однородном основании, сложенном супесчаными грунтами физико-механические свойства которых в естественном состоянии ($E=30$ МПа, $\gamma=18$ кН/м³, $c=5$ кПа, $\varphi=25^\circ$, $k_\phi=1,5$ м/сут) и в водонасыщенном ($E=25$ МПа, $\gamma=20$ кН/м³). В результате моделирования были получены следующие значения дополнительной осадки, соответствующие положению УПВ, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Дополнительные осадки здания при различных положениях УПВ

Уровень подземных вод, м	Дополнительная осадка, мм
20	–
10	8,8
5	16,2
уровень подошвы фундамента	29,5

Мы видим, что при полном водонасыщении сжимаемой зоны основания дополнительная осадка превышает предельно допустимую (20 мм) для зданий III (неудовлетворительной) категории состояния конструкций, и близка к предельно допустимой (30 мм), для зданий II (удовлетворительной) категории состояния.

Одной из самых важных задач анализа результатов моделирования является выявление соотношений между величиной дополнительной осадки фундаментов и степенью деформирования зданий или их уязвимостью. Для выявления таких зависимостей был построен график дополнительной осадки здания от повышения уровня подземных вод (рис. 1).

Превышение предельной дополнительной осадки приводит к переходу состояния здания из одной категории в другую. Для здания I категории это произойдет при значении дополнительной осадки, > 50 мм, для здания II категории пределом является величина 30 мм, а для зданий III категории, это значение не должно превышать 20 мм. Предельное значение дополнительной осадки почти достигается для здания в удовлетворительном состоянии (II категории) при полном замачивании основания, то есть критическое значение УПВ достигается у подошвы фундамента. Для здания в неудовлетворительном состоянии (III категории) значение критического УПВ равно -3,2 м от подошвы фундамента.

В соответствии с Рекомендациями [4] переход здания в следующую категорию состояния определяется увеличением износа конструкций на 20%. Таким образом, основываясь на допущении, что износ конструкций является функцией увеличения дополнительной осадки, мы можем рассматривать кривую аппроксимирующего полинома как кривую уязвимости здания от подъема уровня грунтовых вод.

В таком случае, увеличение износа конструкций на 20% произойдет для здания III категории при подъеме УПВ до -8,2 м, II категории – до -5,0 м.

Удельная дополнительная осадка здания, приводящая к увеличению износа конструкций на 1%, будет тем больше, чем лучше техническое состояние здания. Причем её значения пропорциональны значениям предельной дополнительной осадки, определяющим переход из одной категории состояния конструкций в другую.

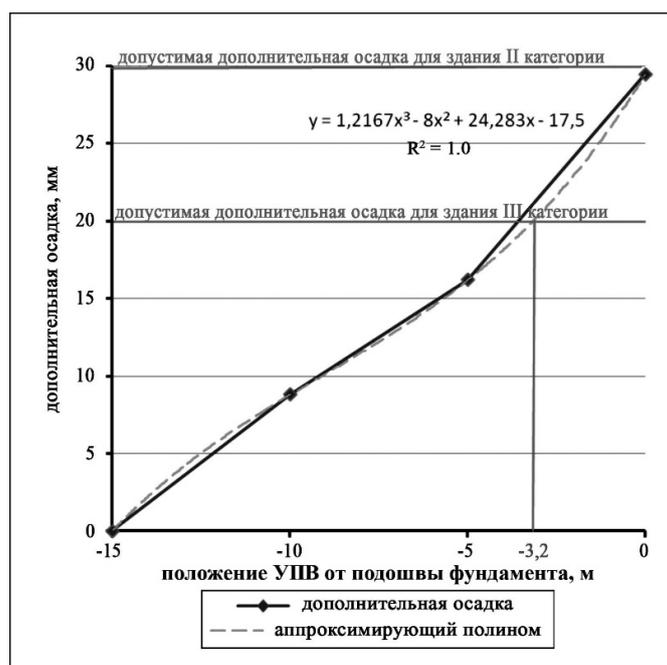


Рис. 1. Зависимость дополнительной осадки здания от повышения УПВ

Поскольку положение УПВ не является абсолютно точной величиной, определение уязвимости здания (v_h) от этого параметра допустимо производить с интервалом значений подъема уровня в 1 м для зданий различной категории состояния конструкций (табл. 3).

Полученные значения уязвимости здания достаточно велики, так как они относятся только к случаю, когда подъем УПВ происходит под зданием, спроектированным при условии отсутствия грунтовых вод в сжимаемой зоне основания. Кроме того, они характеризуют уязвимость здания от подъема УПВ, за неопределенный период времени. В практике расчета риска в настоящее время обычно используется величина удельной уязвимости в год, поэтому, при использовании полученных значений уязвимости для расчета риска, следует учитывать скорость подъема УГВ.

Таблица 3

**Уязвимость здания каркасного типа на столбчатом фундаменте
при различных положениях УПВ**

Глубина УПВ (м) от подошвы фундамента	Величина уязвимости здания v_h (по категориям состояния), д. ед.		
	III категории	II категории	I категории
0 – 1	0,28	0,20	0,11
1 – 2	0,25	0,18	0,10
2 – 3	0,22	0,16	0,09
3 – 4	0,20	0,14	0,08
4 – 5	0,17	0,12	0,07
5 – 6	0,15	0,11	0,06
6 – 7	0,14	0,10	0,06
7 – 8	0,12	0,09	0,05
8 – 9	0,11	0,08	0,04
9 – 10	0,10	0,07	0,04
10 – 11	0,08	0,06	0,03
11 – 12	0,06	0,05	0,02
12 – 13	0,05	0,04	0,02
13 – 14	0,03	0,03	0,1
14 – 15	0,02	0,015	0,01

Таким образом мы можем представить общий вид формулы определения удельной уязвимости объекта от подъема уровня подземных вод (д.ед. в год):

$$V_{подм} = v_h/t, \quad (2)$$

где v_h – уязвимость объекта от подъема УПВ, д. ед.;
 t – время подъема УПВ на 1 м, год.

На следующей стадии, когда заглубленная часть сооружения входит в непосредственный контакт с подземными водами, начинается коррозионное воздействие воды на материалы фундамента и стен подземной части сооружения. Уязвимость здания от коррозионного воздействия может быть выражена как функция от следующих факторов: площадь контакта подземной части здания с грунтовыми водами, удельные потери материала фундамента от коррозии [5], степень агрессивности воды, возраст сооружения. Но, поскольку гидроизоляция подземной части сооружения является обязательным этапом строительных работ, оценка уязвимости от коррозии носит скорее теоретический характер.

Изложенная методика предлагает алгоритм получения оценок уязвимости строительных объектов, применяемых при анализе риска от процесса подтопления. Необходимо проработать еще много деталей, в т.ч. следует исследовать влияние возраста сооружения на оценку уязвимости.

Литература

1. Научно-технический отчет «Разработать проблемы освоения подземного пространства мегаполисов с развитой инфраструктурой для возведения крупномасштабных подземных сооружений». М.: НИИОСП, 1999.
2. Пашкин Е.М. Инженерно-геологическая диагностика деформаций памятников архитектуры. М.: «Высшая школа», 1998. 225 с.
3. Рекомендации по обследованию и мониторингу технического состояния эксплуатируемых зданий, расположенных вблизи нового строительства или реконструкции. Москомархитектура, 1998.
4. СНиП 2.02.01-83 «Основания зданий и сооружений». М., 1985.
5. http://www.stroy-tip.ru/index.php?option=com_content&view=category&id=4&Itemid=5

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ОВРАЖНОЙ ЭРОЗИИ НА СКЛОНАХ СТРОИТЕЛЬСТВА СПОРТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ г. ХАНТЫ-МАНСИЙСКА

И.А. Савинцев, Л.А. Стороженко, И.Г. Ковязин, И.Г. Петрова

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»,
г. Екатеринбург, РФ. E-mail: gingeo@mail.ru

В 60-х годах прошлого столетия в г. Ханты-Мансийске на крутых склонах Самаровского останца на высоте 83 м над уровнем моря началось строительство уникального для Западной Сибири спортивного объекта биатлонной трассы. Уже позже в 90-х и двухтысячных годах к ней присоединились горнолыжный комплекс и трасса для сноуборда. Строительство сопровождалось активной перепланировкой склонов. Сегодня это круглогодично функционирующие объекты структуру которых составляют – детская спортивная школа, стадион, стрельбище, гостиничный комплекс, подъемники и трассы.

Строительство, рассматриваемых сооружений, выполнено в сложных инженерно-геологических условиях (ИГУ), к которым относятся:

– геоморфологические условия (сооружения построены на склонах Самаровского останца с абсолютными отметками рельефа 63-114 м и крутизной склона 30-40°);

– геологические условия (разрез представлен переслаиванием супесчано-суглинистых отложений слаболитифицированных с линзами и прослоями песков разной крупности, грунты имеют низкую несущую способность с полной потерей устойчивости при дополнительном увлажнении);

– тектонофизические условия (широко развита система пликативных элементов современных геодинамических процессов, а расчлененный рельеф формирует критические соотношения вертикальных и горизонтальных компонент напряжений в верхних интервалах грунтового массива);

– гидрогеологический режим (непредсказуемая структура водонасыщенности пород Самаровского останца с частой разгрузкой в виде нисходящих родников);

– экзодинамические условия (широкое развитие овражной эрозии).

Совокупность названных условий определяет высокий уровень риска потери устойчивости сооружений и изменения параметрической системы организации спортивных процессов.

Овражная эрозия широко развита в пределах спортивных объектов (рис. 1). Практически все они относятся к склоновому типу и приурочены к юго-западной, южной и юго-восточной частям Самаровского останца, где градиент перепада высот благоприятствует активному развитию эрозионных процессов. Для оврагов Самаровского останца характерны стадии развития от II (врезания вершины) до IV (равновесия, стабилизации).

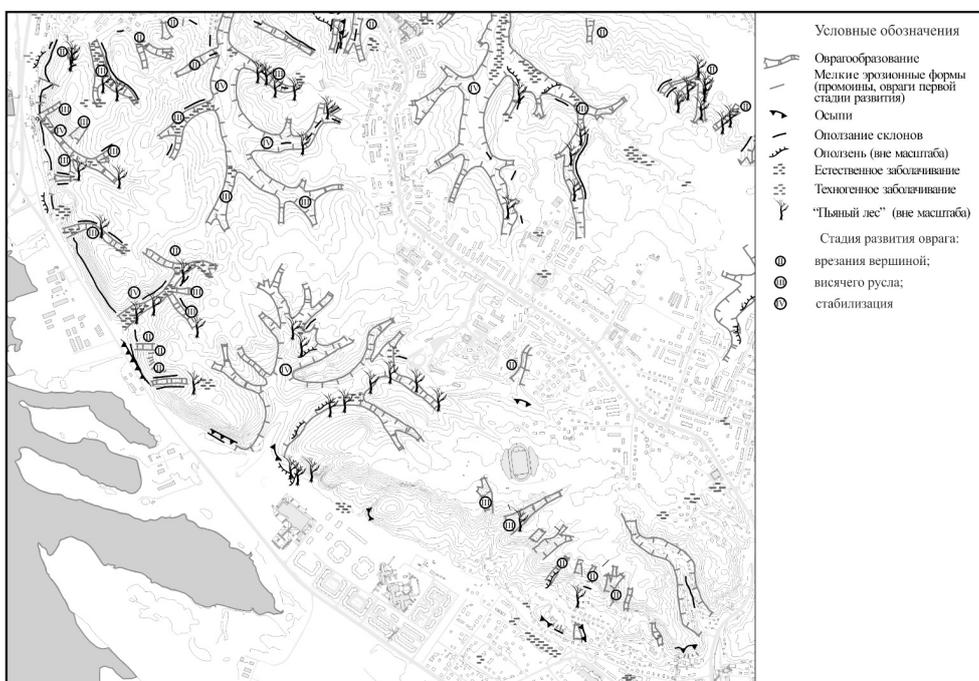


Рис. 1. Схема развития опасных процессов на территории г. Ханты-Мансийска

Овраги IV стадии развития являются наиболее протяженными. Профиль оврагов трапецеобразный, редко переходящий в V – образный ближе к истоку. Глубина вреза основного русла достигает первых десятков метров. Преобладает слабая боковая эрозия, борта оврага укреплены древесной и кустарниковой растительностью. Донная эрозия развита слабо, ее интенсивность увеличивается в период сильных ливней. Нередко дно оврагов заболочено,

что вызвано затрудненностью транзита атмосферных осадков в связи с незначительным уклоном поверхности по дну оврага и его «захлапленностью» упавшими деревьями. Переувлажнение грунтовых масс на склонах нередко приводит к их пластичному оплыванию. Для оврагов IV стадии характерно наличие значительного количества отвершков V-образного профиля с глубиной вреза до 20 м.

Овраги III типа находящиеся в стадии висячего устья имеют меньшие размеры, характеризуются широким распространением в пределах исследуемой территории. Им свойственно меньшее количество отвершков. Последние, в основном не превышают первый порядок. Размеры отвершков достигают 170 м, глубина вреза как правило, не более 15 м. Из других процессов в оврагах данного типа преобладают осыпи, оплывины, в меньшей степени заболачивание.

Овраги II стадии – врезания вершины сосредоточены на южном склоне Самаровского останца. Отличительная их особенность – большие углы наклона их бортов, достигающие иногда 70° , что связано с преобладанием донной эрозии при высокой скорости роста оврага. Низкая степень проявления других экзогенных процессов вызвана хорошей дренируемостью.

Подводя итог анализу морфометрических характеристик овражных форм Самаровского останца установлено, что оврагам, находящимся на разных стадиях жизни, характерны следующие закономерности:

- 1) овраги более зрелой стадии имеют большую длину, ширину и глубину вреза для них характерны меньшие углы наклона бортов;
- 2) более молодые овраги характеризуются меньшими размерами в плане, наличием довольно крутых бортов и наличием ярко выраженной донной эрозии;
- 3) для оврагов более зрелой стадии отмечено наличие развитой системы отвершков от 1-го до 3-го порядка, в то время как у молодых оврагов дополнительных элементов эрозионной сети не наблюдается.

УСЛОВИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОСВОЕНИЯ ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЫ г. ГОМЕЛЯ

Т.Г. Флерко, А.И. Павловский, Т.А. Мележ

УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины», 246019, г. Гомель,
ул. Советская, 104. Email: tflerco@mail.ru, aipavlovsky@mail.ru

Город Гомель является вторым по величине в Республике Беларусь. Его территория постепенно увеличивается за счет пригородной зоны, которая по решению местного исполнительного комитета включает в себя территории Гомельского (136 сельских населенных пунктов и 2 поселка городского

типа – Большевик и Костюковка), Буда-Кошелевского (22 сельских населенных пункта), Ветковского (44 сельских поселений, г. Ветка), Добрушского (32 сельских поселения, г. Добруш) и Речицкого (17 сельских населенных пунктов) районов Гомельской области.

Цель работы – оценка вероятности возникновения природных процессов в пригородной зоне г. Гомеля, степени благоприятности условий ее инженерного освоения.

К опасным природным процессам, возникающим на изучаемой территории, были отнесены подтопление территории и эрозия почв. В качестве природных факторов, оказывающих влияние на градостроительное развитие территории, рассматривались: ландшафтные условия, тип рельефа, уровень залегания грунтовых вод, разновидность почв, наличие водных объектов.

Ландшафтные условия. Населенные пункты расположены в пределах пяти типов средневысотных и низменных ландшафтов: морено-зандровых, вторично-моренных, вторично водно-ледниковых, аллювиально-террасированных и пойменных (рис. 1).

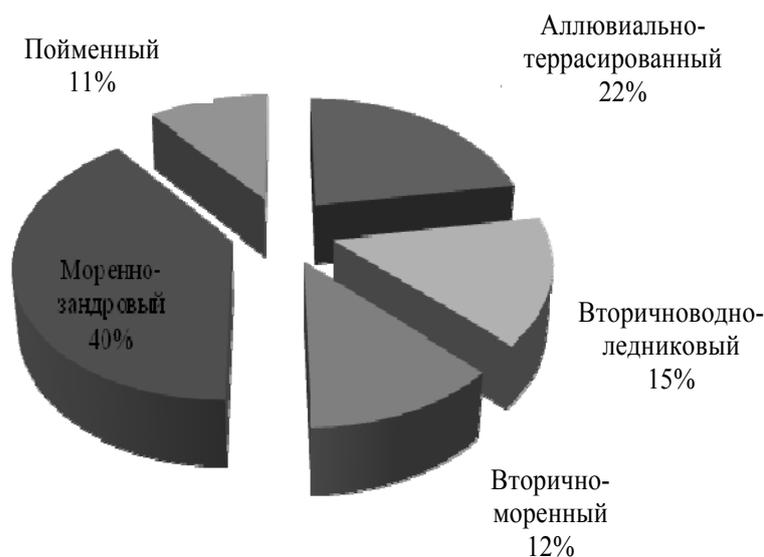


Рис. 1. Ландшафтные условия сельских населенных пунктов пригородной зоны г. Гомеля

Исходя из характеристик ландшафтов размещение населенных пунктов по ландшафтному фактору можно оценить как наиболее благоприятное, благоприятное, удовлетворительное и неудовлетворительное (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика ландшафтных условий размещения населенных пунктов [5, 6, 9]

Род ландшафта	Типичные черты	Условия размещения населенных пунктов
Вторично-моренный	Абсолютные высоты 150–180 м. Превышения местности 3–5 м. Дерново-подзолистые супесчаные почвы. Минимальная степень сложности обработки земель. Крутизна склонов 0,5–1°.	Наиболее благоприятные
Моренно-зандровый	Абсолютные высоты 150–170 м, превышения 5–7 м. Дерново-подзолистые супесчаные и дерново-палево-подзолистые почвы. Минимальная степень сложности обработки земель. Крутизна склонов 0,5–1°.	Наиболее благоприятные
Вторично-водно-ледниковый	Абсолютные высоты 140–155 м, превышения 2–3 м. Дерново-подзолистые песчаные почвы, дерново-подзолистые заболоченные. Минимальная степень сложности обработки земель. Крутизна склонов 0,2–0,5°.	Благоприятные
Аллювиально-террасированный	Абсолютные высоты 110–150 м, превышения 2–3 м. Малопродуктивные дерново-подзолистые песчаные и дерново-заболоченные почвы. Крутизна склонов 0,2–0,5°.	Удовлетворительные, при возникновении опасности подтопления неудовлетворительные
Пойменный	Абсолютные высоты 105–130 м, превышения 0,5–0,1 м. Аллювиальные дерновые заболоченные песчаные, реже супесчаные, торфяно-болотные почвы. Крутизна склонов 0,2–0,5°.	

Одним из факторов, влияющих на развитие пригородной территории Гомеля, являются **наводнения**. Степень этого воздействия зависит от ландшафтных условий поселений. Более 55% всех поселений расположены на водных объектах, из них 3 – на водоемах, 62 – на каналах, 74 – на реках различного порядка (по системе Хортона-Штралера) (рис. 2).

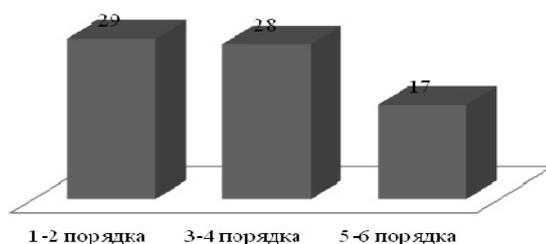


Рис. 2. Размещение сельских населенных пунктов пригородной зоны Гомеля на реках различного порядка

В пригородной зоне наблюдения за гидрологическим режимом р. Сож ведется на посту в г. Гомеле. Подтопление селитебных ландшафтов отмечается в населенных пунктах, расположенных на водотоках. В большинстве своем это реки 5-6 порядка (Сож и Днепр).

Наводнения наносят ущерб сельскому хозяйству, промышленным предприятиям, жителям населенных пунктов. В зависимости от величины суммарного эффекта и размера, все наводнения делятся на небольшие, большие, выдающиеся и катастрофические [10].

Небольшие наводнения приносят незначительный материальный ущерб, практически не нарушают нормального течения жизни людей. В регионе за период наблюдений более 120 лет было зафиксировано 50 незначительных наводнений или 85% наводнений всех типов.

Большие наводнения сопровождаются значительным материальным ущербом. Они наносят моральный урон населению, вызывают необходимость эвакуировать часть жителей поселений. Таких наводнений зафиксировано 7 (12%).

Выдающиеся наводнения охватывают крупную речную систему. Почти полностью парализуют хозяйственную деятельность человека. Наносят большой материальный урон. Возникает необходимость массовой эвакуации населения. Наводнения этого типа наблюдались дважды (3%). Катастрофические наводнения не отмечались.

В целом на изучаемой территории опасности наводнений подвергаются 36 сельских населенных пункта (14,3%) с общей численностью населения около 17 тыс. человек (21,6%). Большая часть (91,7%) этих населенных пунктов расположена в пределах низинных ландшафтов. Подтапливаются поселения аллювиально-террасированных и пойменных ландшафтов.

Таким образом, в наиболее благоприятных ландшафтных условиях размещаются 130 поселений (51,8%), благоприятных – 38 (15,1%), удовлетворительных 50 (19,9%) и неудовлетворительных – 33 (13,1%).

Почвенная эрозия. Около 52% сельскохозяйственных земель только Гомельского района являются дефляционноопасными. Эродированных почв на территории одного района 1196,4 га, что составляет 1,6% сельскохозяйственных земель, из них водная эрозия на 30,1 га и ветровая на 1166,3 га. В основном это слабефлированные почвы (82,7 га – среднедефлированные). Наряду с разрушением гумусового горизонта и смывом элементов питания, ухудшением водно-физических и агрохимических свойств, снижается продуктивность возделываемых культур на этих почвах. Земледельческая эрозия почв на хозяйственно освоенных территориях – основной агент деградации почвенного покрова и перемещения минерального субстрата [4].

Большая часть населенных пунктов пригорода расположена в пределах дерново-подзолистых песчаных почв на связных песках (35% поселений) и супесчаных на рыхлых супесях (33%) (рис. 3), что подтверждает возможность проявления дефляционных процессов.



Рис. 3. Механический состав почв сельских поселений пригородной зоны Гомеля

Гомельским областным гидрометеоцентром зафиксировано более 40 случаев проявления пыльных бурь средней продолжительностью 3,1 часа. Средняя скорость ветра составляла 8,26 м/с, порывы – до 15,9 м/с. Большая их часть по интенсивности была отнесена к категории слабых (58,1 %) [11]. Частоту, продолжительность и интенсивность пыльных бурь усилила мелиорация земель. При осушении происходит понижение уровня грунтовых вод на территориях смежных с мелиорированными, что влияет на режим увлажнения и связность почв. В 51 населенном пункте пригорода (20,3 %) уровень грунтовых вод ниже отметки в 5 м.

Зонирование пригородной зоны г. Гомеля по степени благоприятности инженерного освоения

Тип четвертичных отложений определяет условия возведения и эксплуатации промышленных, гражданских, мелиоративных, дорожных и других инженерных сооружений, т. е. условия создания инфраструктуры населенных пунктов. В качестве естественных оснований здания и сооружений чаще всего используются моренные и песчаные отложения различного генезиса. Крайне ограничено используются болотные отложения [2].

В пригородной зоне города Гомеля наибольшее распространение получили аллювиальные отложения террас и флювиогляциальные отложения времени отступления ледника (рис. 4).

Моренные отложения (Сожские, Днепровские) обладают низкой и средней сжимаемостью и могут служить надежным основанием для различных инженерных сооружений. Негативным моментом является неоднородность их состава, склонность к размоканию и пучению при промерзании. Они соответствуют *условно благоприятным* условиям инженерного освоения.

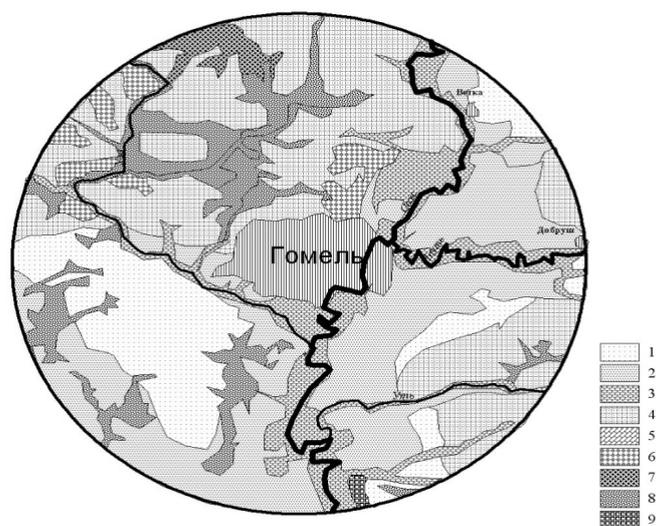


Рис. 4. Четвертичные отложения пригородной зоны г. Гомеля:

- 1, 2 – аллювиальные отложения надпойменных террас (пески, супеси, суглинки);
 3 – аллювиальные отложения пойм (пески, песчано-гравийные породы, супеси, илы);
 4 – флювиогляциальные отложения времени отступления ледника (пески, песчано-гравийные породы); 5 – моренные отложения (супеси и суглинки валунные, пески, песчано-гравийные и гравийно-галечные породы); 6 – озерно-аллювиальные отложения (пески, супеси, илы, глины); 7 – болотные отложения (торф, сапропели);
 8 – золотые отложения (пески)

Флювиогляциальные отложения характеризуются высокой изменчивостью состава (гравийно-галечные, песчано-суглинистые, чаще песчаные), средней или слабой сжимаемостью. Обладают *удовлетворительными* строительными свойствами.

Озерно-аллювиальные отложения представлены, в основном, песками пылеватыми и мелкими, местами слюдистыми супесями и суглинками, аллювиальные отложения надпойменных террас – мелко- и среднезернистыми, реже разнозернистыми и крупнозернистыми песками, с линзами песчано-гравийного материала. Ранее изученные их свойства [1, 2] позволяют сделать вывод, о вполне *удовлетворительных* прочностных и деформационных свойствах, они могут служить хорошим естественным основанием для промышленных и гражданских сооружений.

Пойменные отложения преимущественно сложены разнозернистыми песками с повышенным содержанием илистых и глинистых частиц [3], что создает определенные трудности их освоения и требует специальных инженерных мероприятий (гидронамыв песков и др.).

Особенностью болотных отложений является низкая прочность и высокая сжимаемость, они относятся к группе с *неудовлетворительными* инженерно-геологическими условиями с ограниченным использованием [2].

Обобщив указанные свойства распространенных типов грунтов, в пригородной зоне Гомеля было выделено три зоны по условиям инженерного освоения: условно благоприятные, удовлетворительные и неблагоприятные (рис. 5).

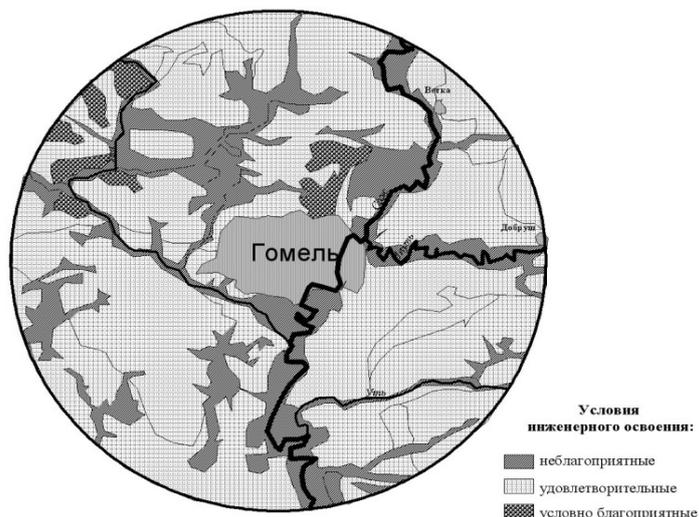


Рис. 5. Условия инженерного освоения пригородной зоны г. Гомеля

Таким образом, к опасным природным процессам, проявляющимся в пригородной зоне г. Гомеля относятся наводнения и эрозия почв. Основными факторами, способствующими развитию этих процессов, являются ландшафтные, почвенные и гидрологические условия. На исследуемой территории преобладают удовлетворительные условия инженерного освоения. Они характеризуются аллювиальными и флювиогляциальными отложениями соответствующими вторично водно-ледниковым, аллювиально-террасированным и вторично-моренным ландшафтам. На втором месте по занимаемой площади – зона с неудовлетворительными условиями – пойменные ландшафты. Небольшую территорию занимают условно благоприятные зоны моренных отложений.

Литература

1. Величкевич Ф.Ю., Дерюго Г.В., Зарницкая В.П. Четвертичная система (квартер) // Геология Беларуси. Мн., 2001. С. 328-386.
2. Галкин А.Н., Матвеев А.В., Жогло В.Г. Инженерная геология Беларуси. Основные особенности пространственной изменчивости инженерно-геологических условий и истории их формирования. Витебск, 2006.
3. Козлов М.Ф. Гидрогеология Припятского Полесья. Т. I. Мн., 1976.

- Куликов А.Я. Агроэкология. Мн., 2012.
- Ландшафты Белоруссии / Г.И. Марцинкевич, Н.К. Клицунова и др.; под ред. Г.И. Марцинкевич, Н.К. Клицуновой. Мн., 1989.
- Марцинкевич Г.И. Ландшафтоведение: учебник. Мн., 2007.
- Рельеф среды жизни человека (экологическая геоморфология) / Отв. ред. Э.А. Лихачева, Д.А. Тимофеев. М., 2002.
- СНБ 3.01.04-02 «Градостроительство. Планировка и застройка населенных пунктов» / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. Мн., 2003.
- Современная динамика рельефа Белоруссии / А.В. Матвеев, Л.А. Нечипоренко, А.И. Павловский и др. Мн., 1991.
- Стихийные гидрометеорологические явления на территории Беларуси: Справочник / Под общ. ред. М.А. Гольберга. Мн., 2002.
- Чижигов Ю.А., Камлюк Г.Г. Особенности проявления пыльных бурь на территории Беларуси // Литосфера. 1997. № 6. С. 92-100.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРОДОВ РОССИИ В СВЯЗИ С ТРАНСФОРМАЦИЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ АБИОТИЧЕСКИХ СФЕР ЗЕМЛИ

М.А. Харьковина

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, геологический факультет,
Москва, 119992, Москва, Ленинские горы, д. 1. E-mail: kharkina@mail.ru

Геодинамическая экологическая функция абиотических сфер Земли отражает способность литосферы, педосферы, атмосферы и поверхностной гидросферы влиять на условия жизни биоты, ее состояние, безопасность и комфортность проживания через природные и антропогенные процессы и явления [9]. Развитие природных процессов в городских агломерациях осуществляется в новой обстановке: в дополнении к региональным и зональным факторам, обуславливающим экстенсивность и интенсивность процессов, добавляются техногенные воздействия.

Трансформация геодинамической экологической функции литосферы. Одним из наиболее распространенных техногенных геологических процессов, оказывающих негативное экологическое воздействие на жителей городов, является *подтопление* (рис.). Возникновение подтопления связано с повышением УГВ по причине создания вблизи городских комплексов водохранилищ, утечек из коммунально-бытовых сетей, а также избыточным поливом улиц и газонов. Потери из сети водоснабжения в России составляют 35-45% [3].

Экологические последствия подтопления сказываются на здоровье населения: повышается вероятность заболеть от укусов летучими переносчиками инфекций – комаров, обостряются хронические болезни, возникают реци-

дивы заболеваний. В Новочеркасске летом подтоплением охвачено 51% площади, а весной – 71%. В пределах подтопленных частей города заболеваемость населения почти в два раза выше, чем в целом по городу: в экологически неблагоприятном районе доля заболевших составляет 55,7%, а в целом по городу – 35,6% [11].

В районах распространения просадочных лессовых грунтов при дополнительном увлажнении зоны аэрации и подтоплении в городах происходят *просадки*. Их величина изменяется в широких пределах – от 0,1 м до 2,5-3 м. Они вызывают разрушение жилья и даже его потерю, тем самым снижается комфортность проживания населения.

В Волгоградской области, где лессовые просадочные породы покрывают более 80% территории вследствие деформации жилых и производственных зданий образовались трещины в несущих конструкциях, что явилось причиной повышения влажности комнатного воздуха выше предельно допустимых величин (ПДВ). По гигиенической оценке температурно-влажностного режима в крупнопанельных жилых домах ПДВ составляет 30-60% относительной влажности в жилых помещениях и 50% – в дошкольных. Продолжительное и частое пребывание людей в условиях повышенной влажности и низкой температуры отягощает течение таких заболеваний, как нефрит, ангина, ревматизм, пневмония, грипп, катар верхних дыхательных путей и др. В условиях влажной среды на сырых стенах развиваются домовые грибы (*Coniophora cerebella*, *Rhizillus axerantius*, *Poria vorararia*), поражающие деревянные конструкции. Являясь сильнейшими аллергенами, эти грибы обостряют аллергические реакции у больных бронхиальной астмой и приводят к развитию грибковой аллергии, выражающейся в поражении слизистых полостей рта, бронхолегочной системы, среднего уха, глаз и кожи [7].

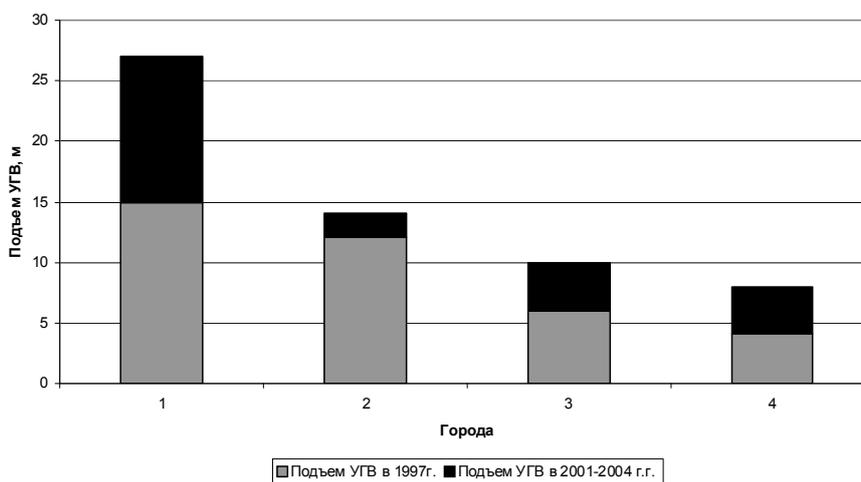


Рис. Техногенный подъем УГВ на локальных участках в крупнейших городах СНГ:
1 – Ростов на Дону, 2 – Новочеркасск, 3 – Саратов, 4 – Ташкент

Изменение гидрогеологических условий в связи с подтоплением приводит к трансформации *карстовых процессов*. Техногенный карст отличается от природного меньшей глубиной и площадью распространения, большей скоростью развития и интенсивностью проявления карстовых форм, может возникать там, где раньше не проявлялся, но где имеются растворимые горные породы. Отметим двухстороннее воздействие техногенеза на карстовый процесс. Использование асфальтового покрытия в городах приводит к затуханию карстового процесса. По данным Дзержинской карстовой станции, с уменьшением инфильтрации атмосферных вод в массивы карстующихся пород из-за застройки и асфальтирования территории стало уменьшаться число провалов в пределах закарстованных массивов. Из 62 зарегистрированных провалов в г. Дзержинске с 1935 по 1974 гг. лишь несколько провалов произошло в пределах города [6].

В большинстве же случаев техногенные воздействия активизируют карстовый процесс. Как правило, «спусковым механизмом» для его активизации служит подтопление территории городских комплексов. Широкое развитие этот процесс имеет в г. Кунгур Пермской области. По данным Г.Н. Дублянской, существует тесная взаимосвязь образования провалов и водопотребления. Наибольшее число провалов отмечается в летний период и, предположительно, связан с увеличением водопотребления в этот период, частично, за счет полива приусадебных участков жителями города. Из 13 провалов, произошедших в 2005 г., образование шести было связано с утечками из теплотрассы, а еще трех – с утечками из канализации.

Активизация *оползней* в городах происходит из-за подрезки склонов при строительстве, дополнительной нагрузке на неустойчивые массивы пород и их обводнения, из-за усиления динамической нагрузки и других техногенных воздействий. В европейской части России оползни, в том числе и техногенные, известны в Москве, Нижнем Новгороде, Казани, Волгограде, Ростове на Дону, Уфе, Саратове, Воронеже городах и других населенных пунктах. Преимущественно техногенными оползнями поражены крупные города. В Саратове активизации древних оползней способствуют длительное воздействие на языковые части оползней Саратовского водохранилища и утечки из водонесущих коммуникаций. Всего в береговой полосе водохранилища выявлено 140 оползней с объемом смещенных пород от 1 тыс. м³ до 10-14 млн м³, из которых 82 оползня являлись активными [4].

Последствиями проявления оползней является перенос сооружений и целых жилых комплексов на другие безопасные участки, а также снижение комфортности проживания из-за нарушения транспортного сообщения и водоснабжения в многомиллионных городах. Например, оползень в с. Кулич (Дагестан) стал причиной разрушения водопровода, в результате 34 000 жителей г. Майкоп остались без водоснабжения. Перебои с водоснабжением были зафиксированы в г. Нефтегорск в феврале 2002 г. из-за схода оползня размером 400x700 м. Экологическими последствиями схода этого же оползня явилась потеря жилья, было разрушено 6 домов и 4 барака [1].

Создание городов в условиях криолитозоны приводит к деградации многолетнемерзлых пород (ММП). Наконец XX века за 60 лет существования Воркуты мерзлая толща потеряла 25% запасов холода [8]. В Воркуте значительно увеличилась глубина залегания ММП через 9 лет эксплуатации зданий. Деградация сопровождается увеличением размеров чаш и ореолов *протаивания грунтов*. При высокой плотности тепловыделяющих сооружений в черте города и больших снежных отложениях отдельные чаши и ореолы протаивания сливаются воедино, образуя общее понижение верхней границы ММП и способствуя появлению *тепловых осадков* поверхности и *термокарста*. В результате в связи с криогенными явлениями срок службы зданий в Воркуте составляет только 10-30 лет.

Трансформация геодинамической экологической функции педосферы. Создание городов приводит к *запечатанности почв*. Применение асфальтовых и других покрытий препятствует проникновению в почву атмосферных осадков и вызывает переуплотнение корнеобитаемого слоя. В крупных городах запечатанность почв достигает 70-90% [10]. Так, в центральных районах Москвы (Арбат, Тверская ул., Китай-Город) запечатанность почв в 6-7 раз выше, чем на окраинах (Куркино, Южное Бутово, Крылатское). В связи с этим на городских почвах наблюдается ослабление биоразнообразия мезо- и микробиоты, падение биопродуктивности и появление патогенных организмов.

Трансформация геодинамической экологической функции поверхностной гидросферы. Наиболее опасным гидрологическим процессом для городских территорий являются *наводнения*. Жители многих городов Поволжья, Нижней Волги, Нижнего Дона и поселков по берегам Енисея привыкли жить под защитой крупных водохранилищ, предохраняющих их от катастроф во время прохождения паводков. Однако так было не всегда. Во время последнего крупного наводнения в Москве в апреле 1908 г. вода поднялась на 9 м по сравнению с летним уровнем. В результате без крова осталось 180 т. чел.

Хозяйственная деятельность человека может спровоцировать катастрофические последствия при прохождении дождевых наводнений. Ярким примером является наводнение в Крымске 6-7 июля 2012 г. Существующие Неберджаевское, Атакайское и Чубуковское водохранилища в верховьях водосборного бассейна р. Адагум приняли ливневые осадки и работали в штатном режиме. Однако техногенные сужения русла р. Адагум в черте города не позволили высокой воде спуститься вниз по течению. По данным О.А. Вадачкории, сужения русла произошли из-за обустройства мостовых переходов с необоснованно узкими пролетами, прокладки трубопроводов по дну реки, обустройству садовых участков в долине реки. Непродуманная хозяйственная деятельность в русле р. Адагум и игнорирование работ по его очистке стали причиной гибели 171 человека.

Трансформация геодинамической экологической функции атмосферы. Городские комплексы способствуют созданию в атмосфере крупных ядер конденсации, что увеличивает частоту *туманов*. Они образуются в

сильные морозы (-30° и ниже) в населённых пунктах при любой относительной влажности воздуха (даже менее 50%) – за счёт конденсации водяного пара, образующегося при сгорании топлива (в двигателях, печах и т. п.) и выбрасываемого в атмосферу через выхлопные трубы и дымоходы. В городах туманы бывают в 1,5-2 раза чаще, чем в пригородах. Так, для Казани и Улан-Уде разница составляет 3 раза [5]. Неблагоприятные последствия для горожан связаны со снижением видимости и как следствием возникновением транспортных аварий на дорогах.

Города часто являются крупными промышленными центрами с неизбежными выбросами в атмосферу загрязняющих веществ, в том числе соединений азота и серы, который возникают в результате сгорания угля, торфа, других видов сырья. В итоге оксиды попадают в атмосферу и выпадают на землю в виде «*кислотных дождей*», подразумевающих все виды метеорологических осадков: дождь, снег, град, туман, дождь со снегом, при котором наблюдается понижение pH из-за загрязнений воздуха кислотными оксидами обычно: оксидами серы, оксидами азота.

Последствия выпадения кислотных дождей многогранны. Они наносят непоправимый ущерб памятникам архитектуры, ускоряя эрозию. Скорость поверхностной эрозии ряда исторических памятников за период 1718-1980 гг. под действием кислотных дождей составляет 0,078 мм/г. Кислотные дожди опасны как для людей, так и растений. Они заметно повышают кислотность городских водоемов, в результате чего там постепенно вымирает естественная флора и фауна. В некоторых случаях кислотные дожди наносят прямой вред горожанам, прежде всего, страдающим от заболеваний верхних дыхательных путей. В отдельных случаях при сильноокислом тумане с высоким содержанием аэрозолей (концентрации 150-500 мкг/м³) отмечается повышение смертности до 6% по сравнению со средними показателями [2].

Таким образом, техногенная трансформация экологической геодинамической функции абиотических сфер Земли в городах приводит как к положительным, так и отрицательным геоэкологическим последствиям. Первые из них связаны с уменьшением интенсивности и экстенсивности ряда природных процессов в результате хозяйственной деятельности. Обычно горожане сталкиваются с отрицательными геоэкологическими последствиями проявления техногенных и активизированных природных процессов.

Литература

1. Дзекцер Е.С., Пырченко В.А. Технология обеспечения развития урбанизированных территорий в условиях воздействия природных опасностей. М.: ЗАО ДАР/ВОДГЕО, 2005. 155 с.
2. Заиков Г. Е., Маслов С.А., Рубайло В.Л. Кислотные дожди и окружающая среда. М.: Химия, 1991. 144 с.
3. Зекцер И.С. Подземные воды как компонент окружающей среды. М.: Научный мир, 2001. 328 с.
4. Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Российской Федерации. Вып. 32, М: ГЕОИНФОРММАРК, 2009. 212 с.

5. *Кобышева Н.В.* Климат России. СПб.: Гидрометеиздат, 2001. 655 с.
6. *Котлов Ф.Н.* Антропогенные геологические процессы и явления на территории города. М.: Наука, 1977. 171 с.
7. *Олянский Ю.И., Синяков В.Н., Трохимчук М.В., Андреева Т.В.* Просадочные и набухающие породы Волгоградской области и экологические последствия их техногенного изменения // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. Геол. 2002. Т. 77. Вып. 2. С. 78-84.
8. Основы геокриологии. Ч.6. Геокриологический прогноз и экологические проблемы в криолитозоне / Под ред. Э.Д. Ершова. М.: Изд-во МГУ, 2008. 768 с.
9. *Трофимов В.Т.* Об экологических функциях абиотических сфер Земли // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2005. № 2. С. 59-65.
10. Экологические функции городских почв / Отв. ред. А.С. Курбатова, В.Н. Башкин. М.: Смоленск: Маджента, 2004. 232 с.
11. Экология Новочеркасска. Проблемы и пути решения. Ростов н/Д.: СКНЦВШ, 2001. 412 с.

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ В РАЙОНЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ВОКЗАЛА АЛЬПИКА-СЕРВИС

В.В. Ческидов

Горный институт НИТУ «МИСиС», г. Москва Ленинский пр-т, 6.
Email: vcheskidov@yandex.ru

Для обеспечения надежного наземного транспортного сообщения между олимпийскими объектами горного кластера (санно-бобслейная, лыжные, биатлонные трассы и др.) с г. Сочи в ноябре 2013 г. введена в эксплуатацию совмещенная (автомобильная и железная) дорога «Адлер – горноклиматический курорт Альпика-Сервис». Она проложена преимущественно по левому берегу р. Мзымты, имеет общую протяженность около 50 км и соединившись развязками с федеральной трассой М-27. Данный объект является уникальным по своему составу для современной России, включая 26,5 км автомобильных и железнодорожных тоннелей, 35 км мостов и эстакад.

Южная часть совмещенной дороги расположена на территории Имеретинской низменности, которая отличается малыми перепадами абсолютных отметок и относительно благоприятными инженерно-геологическими условиями для ведения строительных работ. Северный участок трассы примыкает к хребту Аибга, расположен в пределах горно-долинного рельефа со складчатой структурой, что обуславливает в этом районе активное развитие современных геологических процессов, в первую очередь склоновых: селей, оползней, обвалов, лавин и других. По особенностям инженерно-геологических условий эта часть площадки строительства дороги относится к III категории сложности [2].

Наибольшую оползнеопасность представляют склоны, расположенные вдоль трассы на левом берегу р. Мзымта, на участке от вокзала «Альпика-Сервис», который является крайней северной точкой трассы, до портала ближайшего железнодорожного тоннеля. В геологическом строении этой территории четвертичные отложения перекрывают нижне- и среднеюрские, представленные тонко сланцеватыми аргиллитами (глинистые сланцы) с прослоями конгломератов, песчаников и алевролитов [2].

Четвертичные отложения представлены преимущественно обломочным материалом различных фракций (щебень, дресва, песок). Поровое пространство в щебенистых и дресвяных грунтах заполнено суглинками и глинами реже супесями.

В результате длительного замачивания глинистые сланцы выветриваются до щебенистых и дресвяных суглинков и глин с очень широким разбросом размера частиц и пестрым гранулометрическим составом. В образовавшихся неперемещенных связных породах сохраняются гладкие плоскости, которые унаследованы от сланцев, по которым наблюдаются крайне низкие значения сопротивления сдвигу. Проведенные наблюдения дают основание предположить, что современные плоскости скольжения пространственно сопряжены с системами «унаследованных» поверхностей ослабления в отложениях.

Для оценки устойчивости потенциально оползневых склонов и развития системы геомеханического мониторинга в феврале 2013 г. в окрестности строительства вокзала «Альпика-Сервис» было выполнено рекогносцировочное обследование территории. По материалам маршрутных исследований и имеющимся данным о геологическом строении местности были выявлены ключевые участки для проведения дальнейших работ с целью выявления инженерно-геологических элементов и определения свойств слагающих их пород. В дальнейшем эти данные использовались для обеспечения расчета коэффициента запаса устойчивости с необходимой точностью и прогнозирования поведения массива пород во времени и при изменении гидрогеологических, сейсмических и других условий (рис. 1).

Внутри каждого выделенного участка были определены обобщенные функции изменчивости по совокупности исследуемых характеристик отложений, в дальнейшем полученные результаты легли в основу позиционирования точек отбора проб. Использованная методика позволила минимизировать количество пунктов сбора информации без потери ее достоверности [3,4].

Для отбора необходимого количества образцов было пройдено 10 шурфов глубиной до 3 м, а также произведена зачистка коренных пород в русловых и техногенных обнажениях (18 точек). Выбуривание кернов производилось непосредственно из массива с помощью переносной буровой установки (рис. 2).



Рис. 1, а. Зачищенный участок с обнажением черных глин



Рис. 1, б. Террасированный участок с обнажениями коренных пород



Рис. 2, а. Выбуривание кернов из массива горных пород



Рис. 2, б. Выветрелые до дресвяных глин аргиллиты

Для определения механических свойств пород в общей сложности на левом берегу Мзымты вблизи вокзала «Альпика-Сервис» было отобрано 219 проб ненарушенной структуры. В лабораторных условиях была произведена

подготовка отобранных образцов, в общей сложности было выпилено и оттанцовано 178 кернов, для которых среднее значение плотности составляет $2,60 \text{ г/см}^3$ при среднеквадратическом отклонении $0,05 \text{ г/см}^3$ с коэффициентом вариации 1,9%. Также было подготовлено для испытаний 258 образцов глинистых пород.

В процессе лабораторных исследований для глинистых сланцев были определены плотность (ρ), прочность породы при одноосном сжатии ($\sigma_{сж}$), прочность породы при одноосном растяжении (σ_p), модуль упругости (E_y), модуль деформации (E_d), коэффициент Пуассона (ν), угол внутреннего трения (ϕ), удельное сцепление (C) вкрест и по слоистости.

Как показали проведенные испытания для глинистых сланцев вкрест напластования $C = 5 \text{ МПа}$ и $\phi = 42^\circ$, а по напластованию $C = 0,05 \text{ МПа}$, $\phi = 21^\circ$.

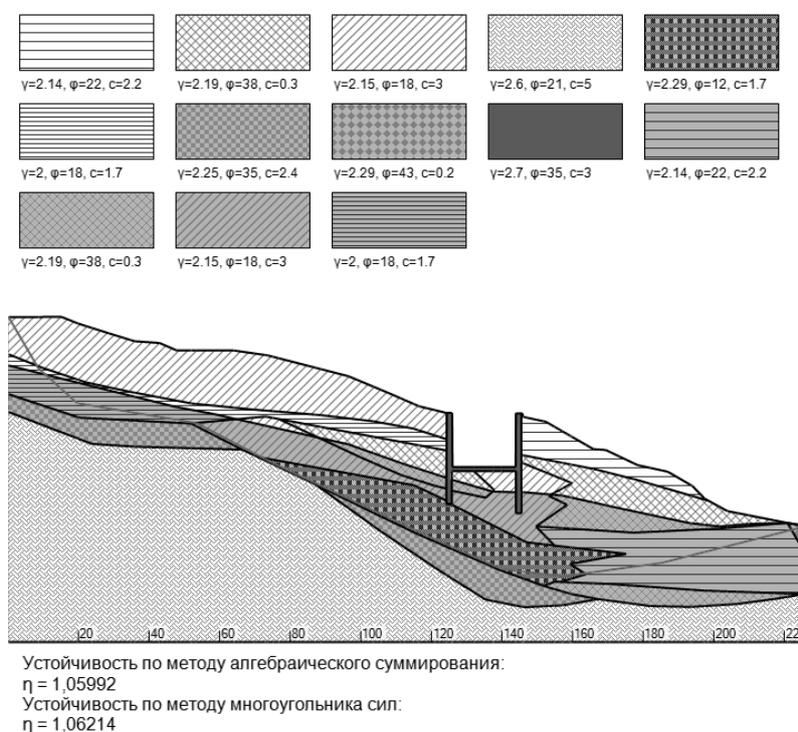


Рис. 3. Расчет коэффициента запаса в программе Geodamp при заданном уровне воды в гидрогеологических скважинах

На основе полученных механических свойств были произведены вычисления коэффициента запаса устойчивости (η) склона по двенадцати контрольным профилям при различной степени обводненности массива с помощью программного комплекса, разработанного на кафедре геологии Горного института НИТУ МИСиС (бывший Московский государственный горный

университет). При определении поверхностей скольжения использовались данные инклинометрических замеров, которые были предоставлены ООО «Алькомп-Европа» (рис. 3).

В расчетах используются методы, утвержденные Ростехнадзором РФ и базирующиеся на теории предельного равновесия «сыпучей среды», включающей также и предельное равновесие связной среды с трением, к которой относится рассматриваемый массив горных пород [1].

Зоны смещений первичных оползней преимущественно приурочены к слоям сильно выветрелых (до серых щебенистых глин и суглинков) аргиллитов мощностью до 1,2 м ($C=0,025$ МПа, $\varphi = 19,6^\circ$) заключенных между раздробленными, сильно трещиноватыми пластами глинистых сланцев. При этом щебенистые суглинки, как правило, сильно обводнены, что дополнительно снижает их механические свойства.

Исследование пород, расположенных вблизи поверхности скольжения, при различной влажности и моделирование потенциально оползневых склонов показали, что степень обводненности склона наиболее значимо влияет на значения коэффициента запаса устойчивости. Для осуществления геомеханического мониторинга были рассчитаны критические уровни воды по контрольным скважинам, при которых коэффициент запаса устойчивости равен 1,05. (рис. 4).

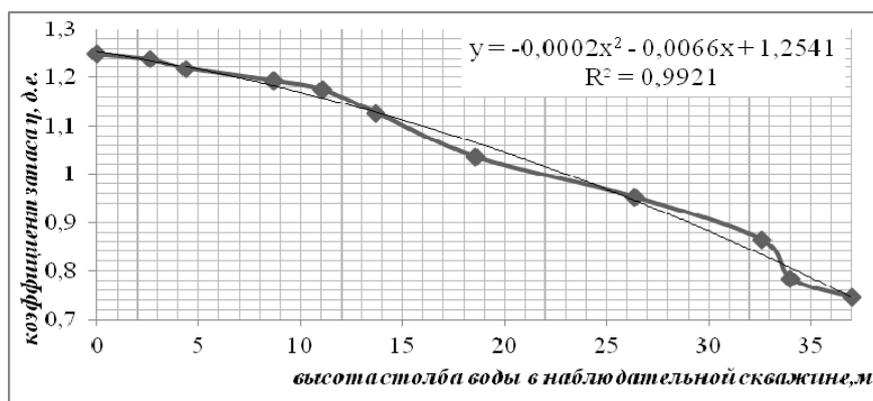


Рис. 4. Зависимость коэффициента запаса устойчивости от уровня воды в контрольной гидрогеологической скважине

Осуществленный комплекс работ позволил осуществить организацию оползневого мониторинга в районе железнодорожного вокзала «Альпика-Сервис». Выявленные зависимости коэффициента запаса устойчивости от уровней воды в скважинах использованы в автоматизированной системе сбора и обработки информации состояния массивов горных пород вдоль совмещенной дороги «Адлер – горноклиматический курорт Альпика-Сервис».

Литература

1. *Гальперин А.М.* Геомеханика открытых горных работ. М.: Изд. МГГУ, 2003.
2. *Осипов В.И., Мамаев Ю.А., Ястребов А.А.* Условия развития опасных геологических процессов на территории строительства горно-спортивных сооружений в Краснополянском районе г. Сочи // *Геоэкология*. М., 2013. № 4.
3. *Ческидов В.В.* Перспективы использования САПР при инженерно-геологических изысканиях на открытых горных разработках // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2011. № 11.
4. *Ческидов В.В.* Проектирование сетей инженерно-геологических изысканий на объектах горнодобывающей промышленности // *Горный журнал*. 2011. №1 2.

О НЕОБХОДИМОСТИ УЧЕТА ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ г. ГОМЕЛЯ

В.Н. Янков, О.К. Абрамович

Гомельский государственный университет им Ф.Скорины, 246019 ул. Советская, 104,
г. Гомель, Республика Беларусь. E-mail: VOVANdec@mail.ru

Негативные процессы на городских землях – это комплекс устойчивых динамических природных и антропогенных явлений направленного, векторного характера, приводящих к отрицательным изменениям состояния городских земель, к несоответствию состояния городского земельного фонда требованиям к освоению, снижению эффективности использования, качества и ценности земель [2].

Для каждого типа и вида городских земель характерно свое сочетание негативных процессов, воздействие которых сказывается не только на территории их распространения, но и на прилегающих территориях.

Изучением и классификацией негативных процессов на территории г. Гомеля кафедра геологии и разведки полезных ископаемых Гомельского государственного университета им.Ф.Скорины занималась в рамках госбюджетных и бесплатных научных тем и студенческой научной работы. Некоторые результаты будут представлены в данной статье.

Интенсивность опасных геологических процессов, влияющих на инженерно–строительное состояние городских земель, во многом зависит от характера геологической среды. Эта среда и деформации земной коры определяют вид возникающих процессов и многие специфические черты их динамики. Нарушение устойчивости геологической среды провоцирует преждевременные деформации зданий и сооружений, ускоряет разрушение коммуникаций и наносит существенный материальный ущерб городу (рис. 1).



Рис. 1. Нарушение сплошности асфальтового покрытия в Новобелицком районе (фото 2014 г.)

Состояние геологической среды необходимо учитывать уже на начальных стадиях градостроительного проектирования для обеспечения эффективности инженерных защитных мероприятий. Оценку инженерно-строительного состояния городских земель следует проводить на основании оценки соответствующих негативных процессов. В зависимости от типа геологической среды города приоритетными могут быть различные негативные процессы.

Сотрудниками кафедры геологии и разведки полезных ископаемых было выполнено геодинамическое районирование городской территории на основании материалов, собранных за 5 лет.

Метод геодинамического районирования позволяет выделить блочное строение земной коры, активные разломы и тектонические напряжённые зоны, производить расчеты напряжений, проницаемости и влагогазоемкости пород и разрабатывать на этой основе профилактические меры для обеспечения безопасности и эффективности освоения и эксплуатации недр и земной поверхности.

Невозможность учета всего многообразия форм, размеров и элементов массива горных пород, их свойств, взаимодействующих процессов при решении конкретных вопросов техногенной деятельности человека заставляет искать феноменологические подходы и методы. Такой обобщенный подход должен базироваться на раскрытии закономерностей распределения напряженного состояния в земной коре в целом и в отдельных её участках с учетом

усредненных физико-механических и химико-биологических свойств массива горных пород и его температуры, при условии, что массив рассматривается в качестве сплошной среды.

Геодинамические явления есть результат обмена энергией в блочном горном массиве земной коры, деформирующегося предельно напряженного состояния. Современная аномальная геодинамика недр, т.е. современные СД (супер-деформационные) – процессы в зонах асейсмичных разломов являет собой новый фактор социально–экономического, экологического и страхового риска [1].

Понятие «геодинамическая опасность» следует считать как подверженность определенной территории воздействию современной аномальной геодинамике недр, которое при определенных обстоятельствах может привести к негативным последствиям для человека и среды его обитания [2].

Разработана методика высокоточного нивелирования применительно к условиям Припятской впадины, однако авторы методики считают, что она может быть использована не только для конкретных физико-географических условий. Мы попытались адаптировать её для территории г. Гомеля. На территории города была сформирована нивелирная сеть со стороны внутренних полигонов порядка двух километров. Проведено три цикла нивелирования второго класса повышенной точности.

При интерпретации полевых данных опирались на графический анализ полученных материалов. Были выделены следующие участки:

- резкого изменения сложившейся тенденции хода кривой, которые приурочиваются к местам пересечения нивелирной трассой границы двух блоков земной коры, имеющих различные скорости деформаций;

- участки с пикообразными провалами кривой. Отрицательные аномалии в скоростях соответствуют зонам активных разломов, т.е. зонам «сжатия». По зонам сжатия Земли поверхность вдоль нивелирного профиля делится на подвижки. В зонах «сжатия» накапливается потенциальная энергия, в определенных условиях переходящая в кинетическую;

- положительные аномалии отвечают характеру коробления тектонического блока и названы зоной «растяжения». В данных зонах не может происходить накопление энергии;

- периодичность проявления аномалий в конфигурации кривой интерпретируется как хороший признак пересечения трассой разрывных нарушений;

Репера сгруппированы по амплитудам вертикальных перемещений:

- репера с равными амплитудами и постоянным знаком, что означает нахождение их на одном тектоническом блоке;

- разности амплитуд перемещений превышают тройную ошибку нивелирования расстояния между ними, что означает наличие активного разрыва между двумя смежными реперами;

Величина разности амплитуд вертикальных перемещений между соседними блоками (группами реперов) выступает как мера активности текто-

нического разлома. Полагают, что изменения амплитуд вертикальных смещений между соседними блоками происходит на разделяющем их разломе.

Границы выделенных блоков нанесены на геологические разрезы и отличаются их приуроченностью к элементам структурного плана (рис. 2).

Локализованы экстремальные участки, и на некоторых из них проведены дополнительные исследования. Была выполнена дозакладка реперов и включение дополнительных, ранее заложенных до линейной густоты порядка 200–300 м. Один из районов подробных динамических исследований – территория химзавода и прилегающие к нему территории.

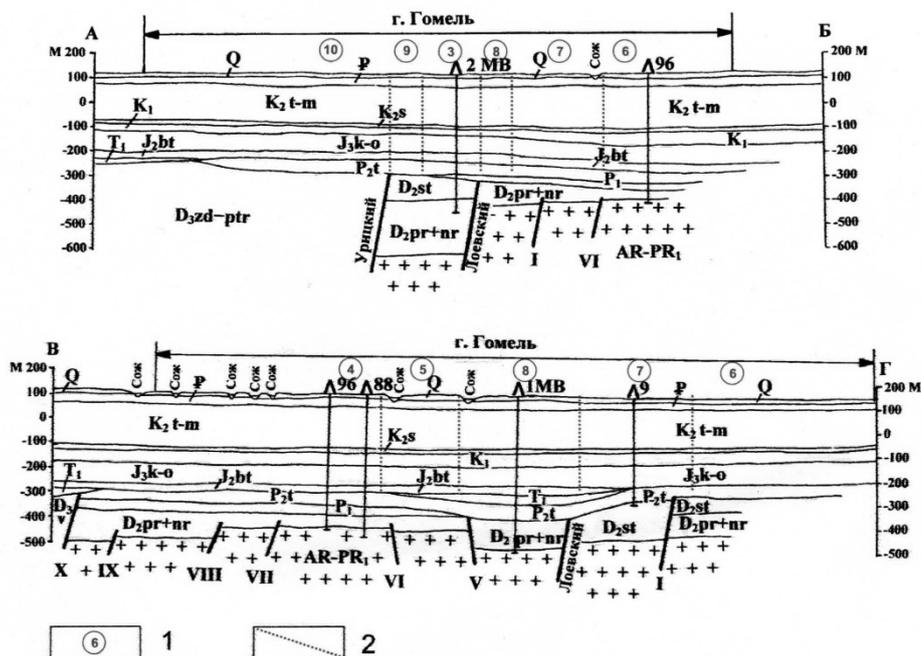


Рис. 2. Геологические разрезы зоны сочленения Гомельской ступени и Воронежской антеклизы:

1 – номера блоков, выделенных по результатам повторного высокоточного нивелирования; *2* – линии тектонических нарушений, проявляющихся на современном этапе

Территория химзавода находится на блоке, скорость опускания которого 1 мм/год. Предполагаемые разрывные нарушения, установленные по первичным исследованиям по линиям с плотностью знаков 600–1500 м удалены от контуров территорий химзавода более чем на 1 км. Внутри блока образовано два полигона: большой – диаметром 3 км и малый диаметром 1 км и проведено три цикла наблюдений с периодом 6 месяцев.

Анализируя ведомости сопоставления превышений по внешнему и внутреннему контурам на территорию химзавода была составлена схема распределения вертикальных скоростей в пределах блока (рис. 3).

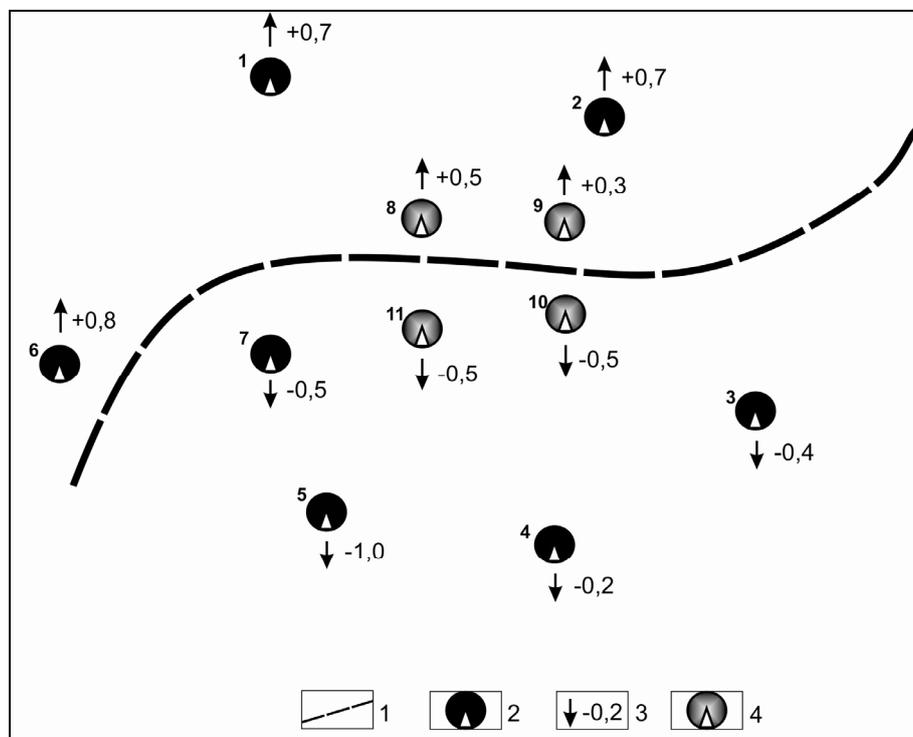


Рис. 3. Схема распределения вертикальных скоростей в пределах блока:
 1 – линия изгиба поверхности блока; 2 – репера внешнего контура;
 3 – направление и скорость, мм/год, смещение реперов;
 4 – репера внутреннего контура

Выделилась линия, вдоль которой происходит изгиб поверхности блока.

Локальные тектонические структуры представляют собой иерархию организованную в блочную структуру. Размеры последних структурных подразделений могут быть в диаметре порядка несколько сотен метров.

Литература

1. Геодинамическая безопасность освоения углеводородного потенциала недр России: концепция / авт.-сост. В.А. Сидоров, Ю.О. Кузьмин, А.М. Хитров. М.: ИГиРГИ, 2000.
2. Сизов А.П. Мониторинг и охрана городских земель / Н.А. Сизов. 2-е изд., перераб. М.: МИИГАиК, 2009.

4. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

ВЛИЯНИЕ г. КОНАКОВО НА КАЧЕСТВО ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Н.П. Ахметьева, Е.Е. Лапина, В.В. Кудряшова

Институт водных проблем РАН,
Москва 119333 ул. Губкина 3. E-mail: nakhmeteva@rambler.ru

Конаково – небольшой современный город на правом берегу Ивановского водохранилища, получивший статус города в 1937 г. (ранее назывался селом Кузнецово). В настоящее время в нем насчитывается 40,2 тыс. населения (по переписи 2006 г.). Промышленность представлена заводами «Микроприбор», «ЗМИ», «ЗСК», хлебозаводом, АО «Молоко». Фаянсовый завод им. Калинина (бывший Кузнецовский завод фарфора и фаянса) не работает. На берегу водохранилища расположена Конаковская ГРЭС мощностью 2,4 млн. кВт, которая в своем технологическом процессе использует подземные воды (9 скважин) и воды водохранилища (из Машковичского залива). Данная ГРЭС строилась в 1964-1969 гг., на ней установлено 8 энергоблоков мощностью по 300 тыс. кВт. Основное топливо – природный газ, резервное – мазут. Конаковская ГРЭС имеет федеральное значение и питает электроэнергией не только Тверскую область, но и соседние области северо-запада и центра России.

Загрязнение атмосферы города происходит главным образом за счет выбросов с ГРЭС. На территории города в течение последних 5 лет сотрудниками Ивановской НИС Института водных проблем РАН отбираются пробы снега и дождя на химический анализ. По результатам анализов видно, что рН осадков обычно менее 7 (от 4,15 до 7,0), причем преобладают значения 5-6. Содержание биогенных веществ (аммонийного и нитратного азота, минерального фосфора) невелико, менее 1 мг/л. Сульфатов и хлоридов содержится 2-5 зимой и до 26 мг/л летом. Несколько повышено содержание перманганатной окисляемости (ПО): так в снеге ПО составляет до 4,6 мг/л, а летом в дождевой воде повышается до 27,7 мг/л. Тяжелых металлов в снеге и дожде практически не обнаружено.

В г. Конаково для питьевых целей используют артезианские воды известняков верхнего карбона (С₃к_{см}) [1,3]. Водоносный горизонт защищен от

проникновения сверху загрязняющих веществ толщей юрских глин ($J_3kl-ass$) мощностью 10-30 м и моренными суглинками московской морены ($g\Pi ms$). Известняки содержат чистую, хорошего качества воду, которую подают из водозаборных скважин в водопровод даже без ее хлорирования (см. таблицу, где приведены для сравнения химический состав грунтовой воды и водохранилища). Возникающие иногда проблемы с водопроводной водой (образование железистых хлопьев и накипи) происходит из-за изношенности водопроводных труб. Город обеспечен питьевой водой на перспективу 25 лет.

Жители старой части города используют для питья и хозяйственных нужд грунтовые воды аллювиальных отложений рек Донховки и Волги, а также флювиогляциальных отложений московской морены ($a\Pi\Pi$, $f\Pi$) [2]. Грунтовые воды залегают на глубине 0,7-4,0 м. Они приурочены часто к прослоям или линзам песков и супесей среди суглинков. Весной уровень грунтовых вод поднимается до почвенного слоя, вызывая подтопление погребов и подвалов. По химическому составу воды в колодцах обычно нейтральные или слабощелочные, иногда они содержат много нитратов (до 45 мг/л), сульфатов (до 700 мг/л), хлоридов (до 196 мг/л). Содержание органического вещества обычно повышено, что отражается в значении PO в 4-11 мгО/л и цветности до 34 град., или значении БПК₅ 0,22-2,0 мгО/л. (см. табл.). Грунтовые воды подвержены загрязнению на некоторых участках города. Например, общественные колодцы в районе Рыбхоза несут следы загрязнения, т.к. здесь, близ колодцев производят разделку и засолку рыбы, отходы производства сбрасывают в пруды-отстойники и в р. Сучок, впадающую в водохранилище. Грунтовая вода в колодцах имеет несколько повышенное содержание сульфатов (20-40 мг/л), нитритного азота (0,03 мг/л), повышена цветность воды (10-24 град.) и показатель PO (4-8 мгО/л). Другим участком с загрязненными грунтовыми водами является площадь в несколько десятков кв. метров близ Сырзавода предприятия «Молоко». Здесь отходы производства сбрасывались в пруд-отстойник. Зеркало воды покрыто ряской с масляными пятнами и нефтяными разводами. Близ пруда чувствуется запах сероводорода. Химический анализ воды из пруда следующий: pH – 7,04, цветность – 76 град., PO – 24,9 мгО/л, SO_4 – 36 мг/л, жесткость – 7,1 мг-экв./л, Cl – 34, NH_4 – 2,38, NO_3 – 0,11, NO_2 – 0,015, PO_4 – 0,94, $PO_{\text{общ.}}$ – 1,9, Fe – 0,1 мг/л.

В г. Конаково жители широко используют родниковую воду в городском парке, в долине р. Донховка, в близлежащем селе Селихово [5]. Родник «Бор» находится в сосновом бору городского парка, в 125 м от уреза р. Волги. Он представляет собой групповой выход (3 родника), приуроченный к контакту аллювиальных песков II надпойменной террасы с подстилающими моренными суглинками. Родник освящен в честь пророка Илии и очень популярен у населения. К нему проложена «тропа здоровья», волонтеры регулярно убирают водосборную площадь у родника, по мере необходимости меняют водосборные желоба и мостки. На одном из трех родников сотрудниками Ивановской НИС Института водных проблем РАН проводятся режимные круглогодичные наблюдения за дебитом, температурой и химическим составом воды с 1999 по 2013 гг. Дебит родника составляет 0,08-0,15 л/с, он

меняется по сезонам года в зависимости от атмосферных осадков. Температура воды зимой – 3-5° С и летом – 7-10° С, значения рН составляют около 7, зимой иногда до 8,4, а весной в паводковый период снижается до 6,5. В химическом составе отмечается несколько повышенное содержание сульфатов (до 30-58 мг/л), минерального фосфора (до 0,25 мг/л), нитратов – до 3 мг/л и аммонийного азота – до 0,3 мгN/л. Содержание органического вещества также несколько повышено: цветность воды около 45°, значение ПО – 1,2-3,6 мгО/л. В роднике определялись тяжелые металлы, мг/л: Sr (0,0764), Cu (0,014), Zn (0,0024), Mn (0,0204), Fe (0,16), Se (0,0092), Mo (0,001), Co (0,0004). Содержание металлов в воде очень низкое.

Таблица

Химический состав природных вод (мг/дм³) разного генезиса, г. Конаково

Параметры	ПДК	Колодцы, улица		Водо-провод	Колонки, улица		Водохранилище [4]
		Пестеля	Революции		Гоголя	Свободы	
рН	6-9	7,6	7,3	7,23	6,46	7,48	7,69
Cl ⁻	350	51	91	1,9	2,3	0,5	2
SO ₄ ²⁺	500	88	171	4	3	1,5	13
HCO ₃ ⁻	400	378	476	305	317	329	134
Mg ²⁺	85	34	53	18	28	27	12
Ca ²⁺	140	120	152	62	68	68	52
Жесткость	7 (10)	8,8	12	4,6	5,7	5,6	3,6
NO ₃ ⁻	45	3,2	16,3	2,9	3,9	0,8	2,9
NH ₄ ⁺	2	0,05	0,25	0,2	0,6	0,3	0,27
PO ₄ ³⁻	3,5	0,18	0,06	0,1	0,3	0,3	0,1
Mz*	1000	896	1014	403	451	427	214
ПО**	5	11	10,4	3,4	2	3,3	17
Железо	0,3 (1,0)	0,6	0,1	0,2-0,9	0,27	0,1	0,4-1,3
Цветность	20	34	7	10	15	12	20

Примечание: Mz*-общая минерализация; ПО** – перманганатная окисляемость, мгО/дм³; цветность – градусы, по платиново-кобальтовой шкале, жесткость в ммоль/ дм³. ПДК по СанПиН 2.1.4.1074-01 [6].

Другой родник, также достаточно детально изученный сотрудниками Ивановской НИС, расположен в центре города, рядом со школой № 6, в правом борту долины р. Донховка, 0,6 м выше летнего меженного уреза воды в реке. Режимные наблюдения проводятся за родником с 2003 г. по настоящее время. Родник каптирован бетонным кольцом, он освящен в честь Георгия Победоносца. Родник имеет значительные колебания дебита (0,001-0,275 л/с) и температуры (1,9-14°С). В химическом составе отмечается повышенное содержание сульфатов (до 385 мг/л), хлоридов (до 78 мг/л), натрия и калия соответственно до 120 и 71,8 мг/л, ПО от 0,66 до 6,55 мгО/л. Содержание аммония и нитратов не превышает ПДК. Отмечается высокая жесткость

воды – 10-11 мг-экв/л, общая минерализация воды достигает 1000 мг/л. Авторы считают, что родник приурочен к зоне разлома, проходящего по долине р. Донховка. В последние десятилетия родник не используется для питья.

Выводы. В изучаемом районе суммарная промышленная и сельскохозяйственная нагрузка за последние 20 лет уменьшилась. Анализ имеющейся базы данных показывает, что лишь в грунтовых водах города (но далеко не повсеместно) обнаруживается плохое качество воды – повышены значения нитратного азота, содержание органического вещества, иногда общая минерализация колодезной воды превышает 1000 мг/л, встречаются случаи с повышенной жесткостью воды. Однако можно сказать, что в многолетнем разрезе наблюдается тенденция снижения прежних основных загрязняющих веществ в воде – хлоридов, сульфатов, нитратов. Что касается артезианских вод известняков верхнего карбона, интенсивно используемых для питья, то ухудшения их качества не отмечается.

Литература

1. *Архипов Л.П.* Использование подземных вод в Тверской области. Истории и проблемы. Информационный бюллетень «Геологические ресурсы Тверской области». № 3. Тверь, 2001. 45 с.
2. *Ахметьева Н.П., Лапина Е.Е., Лола М.В.* Экологическое состояние природных вод водосбора Ивановского водохранилища и пути по сокращению их загрязнения. М., 2008. 223 с.
3. Геология, минерально-сырьевая база и геология Тверской области. (Комитет по охране природных ресурсов Тверской области) Тверь, 2000, 27с.
4. *Григорьева И.Л., Ланцова И.В., Тулякова Г.В.* Ивановское водохранилище и его жизнь. Тверь, 2000, 340 с.
5. *Лапина Е.Е., Ахметьева Н.П., Кудряшова В.В.* Родники долины Верхней Волги и ее притоков: условия формирования, режим, охрана. Тверь: ООО Купол, 2014. 256 с.
6. Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.4.1074-01. Госкомсанэпиднадзор России. М., 2001.

ТЕХНОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ В РАЙОНЕ Г. КРАСНОКАМЕНСК

А.Г. Верхотуров, Г.Г. Верхотуров

Забайкальский государственный университет, кафедра гидрогеологии и инженерной геологии
672039 Чита, ул. Александрово-Заводская д. 30., E-mail: weral0606@yandex.ru.

Одной из главных проблем г. Краснокаменска, являющегося вторым по численности населения в Забайкальском крае, в настоящее время является подтопление территории города грунтовыми водами и техногенное загрязнение подземных вод.

Значительный подъем уровней грунтовых вод связан с деятельностью многопрофильного уранодобывающего предприятия ОАО «ППГХО» (Приаргунское производственное горно-химическое объединение). Повышение уровней в пади Сухой Урулюнгуй, расположенной гипсометрически выше города, являются – фильтрация воды из искусственных водоемов в первый от поверхности водоносный горизонт, а в черте города утечки из водопроводно-канализационных сетей.

Техногенными источниками питания грунтовых вод являются, прежде всего, резервное водохранилище, гидрозолоотвал Краснокаменской ТЭЦ, а также серия хвостохранилищ в пади Широндукуй. Сброс шахтных вод в Умыкейские озера, начавшийся в 70-х годах прошлого века, привел к тому, что к настоящему времени полностью изменился их естественный режим. Ежегодно в Умыкейскую систему озер поступает 12-13 млн. м³ сточных вод разной степени очистки и промстоки Краснокаменской ТЭЦ. Все озера объединились в одну акваторию, в результате чего сформировался единый водоем, используемый как пруд накопитель-испаритель. Уровень воды в озерах за последние годы повысился на 16 м и на 07.09.09 г установился на отметке 650,86 м. абс., при этом объем воды составил 200 млн. м³, а площадь зеркала достигла 2650 га. Это неблагоприятно сказывается на экологической обстановке района, так как сбрасываемые шахтные и технические воды в значительной степени загрязнены. Так в воде Умыкейских прудов-испарителей имеется ряд компонентов, превышающих ПДК (минерализация достигает 1,82 г/дм³, общая жесткость – 9,6 мг-экв/дм³, окисляемость – 12,4 мгО₂/дм³, концентрация сульфат-иона до 511 мг/дм³, фтора до 3 мг/дм³, марганца до 5,58 мг/дм³). Поэтому фильтрационные потери из золоотвала и прудов-испарителей влияют на химический состав грунтовых вод движущихся к водозабору.

Объекты ОАО «ППГХО» создают высокую техногенную нагрузку на природную среду. Фильтрационные потери техногенных вод из многочисленных искусственных емкостей привели не только к подъему уровней грунтовых вод, но и к изменению их химического состава на прилегающей территории, в том числе и в городской черте. Концентрация радионуклидов в воде, откачиваемой из шахт при добыче урановых руд особенно способом подземного скважинного выщелачивания, превышает нормируемые показатели в несколько раз.

Основным загрязнителем подземных вод являются технологические воды из хвостохранилищ и огаркохранилища, расположенных в п. Широндукуй, состав которых весьма специфический. Достаточно сказать, что минерализация в Верхнем хвостохранилище достигает 14 г/дм³, а водородный показатель в огаркохранилище понижается до 2,9 г/дм³. Содержание изотопов некоторых радиоактивных элементов (радия, тория) в промстоках в отдельных пробах превышает нормы радиационной безопасности в десятки раз. Однако, ореол загрязнения подземных вод четко фиксируется лишь до устья пади, при выходе грунтового потока из п. Широндукуй в п. Сухой Урулюнгуй. Ниже по потоку в наблюдательных скважинах загрязнение не отмечено.

Амплитуда подъема уровней грунтовых вод на разных участках изменяется от 7-10 м в районе города до 25-27 м в окрестностях водоемов. Непосредственно в пределах днища пади Сухой Урулюнгуи уровень грунтовых вод, по данным ГУП «Забайкалгеомониторинг», с 1973 г. по 1999 г. повысился от 2,58 м в устье пади (скв. 39р) до 15,36 м в ее вершине (скв. 22р). Малопродуктивность периода 1999-2007 гг. привела к снижению средних годовых уровней более чем на метр по сравнению с наивысшими, которые наблюдались в 1999 г.

Средний годовой уровень грунтовых вод в верхней и средней части пади (участок «Сухой Урулюнгуи») в 2010 г., благодаря повышенному количеству осадков за этот отрезок времени, вырос почти во всех пунктах наблюдения от нуля до 1,13 м (скв. 8369), по сравнению с 2007 г.

Повышение уровня подземных вод приводит к подтоплению городской территории и промышленных площадок. Оно же является одной из причин увеличения водопритока в подземные горные выработки, которое сейчас составляет 943 м³/час [1].

Мониторинг подземных вод по ведомственной сети осуществляется лишь на объектах Приаргунского производственного горно-химического объединения в районе г. Краснокаменска. Результаты исследований показывают, что ореол техногенного загрязнения подземных вод, связанный, в первую очередь, с хвостохранилищами горно-химического производства, уже фиксируется в пади Сух.Урулюнгуи напротив устья пади Широндукуи и движется в сторону питьевого водозабора. Загрязнение по сульфатам, превышающее уровень ПДК, пока еще достаточно удалено от ближайших скважин водозабора (более 6 км), но скорость его продвижения оценивается порядка 470 м в год по потоку грунтовых вод. Загрязнение Восточно-Урулюнгуйского водозабора может иметь очень негативные экологические и экономические последствия. Это обусловлено тем, что в г. Краснокаменск, как и в 90% населенных пунктов Забайкальского края, для водоснабжения используются подземные воды.

Водоснабжение населения города и производственных объектов осуществляется централизованно с Восточно-Урулюнгуйского месторождения подземных вод (МПВ), находящегося на северо-востоке территории в долине р. Урулюнгуи. На водозаборе имеется 29 скважин, из которых 24 действующих, 4 скважины законсервированы и одна не используется. Скважины водозабора глубиной 50-60 м эксплуатируют слабо защищенный от загрязнений водоносный горизонт верхнечетвертичных отложений.

Результаты опробования 21 скважины водозабора показали, что в 14 вода не соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 по содержаниям железа (до 0,4-2,0 мг/дм³), фтора (1,7-2,8 мг/дм³), марганца до 0,3 мг/дм³. В скважинах, из которых осуществляется водоотбор, подземные воды соответствуют требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01, кроме содержания фтора, количество которого иногда достигает 2-2,5 мг/дм³. По химическому составу воды гидрокарбонатные магниевые-кальциевые, реже магниевые-натриевые с минерализацией 254-400 мг/дм³ и щелочной реакцией (рН 6,5-8,5). Общая

величина водоотбора составляет 52 тыс.м³/сут, причем для хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Краснокаменск (население около 53 тыс.чел), со всей его инфраструктурой используется лишь 14 тыс.м³/сут.

Таким образом, первоочередными мерами по обеспечению экологической безопасности водоснабжения в районе следует считать:

1. Уменьшение водоотбора на водозаборе до 15 тыс. м³/сут и максимальное использование для технических целей дренажных вод и очищенных сточных вод.

2. Снижение рисков потребления загрязненных грунтовых вод. Для этого следует сократить количество водозаборных сооружений в населенных пунктах, где отмечено загрязнение подземных вод.

3. Обеспечение надежной противифльтрационной защиты на участках действующих гидрозолоотвалов и хвостохранилищ.

4. Предварительную очистку сбрасываемых в хвостохранилища шахтных вод и промстоков.

5. Ликвидационный тампонаж заброшенных скважин, а также восстановление скважин режимной сети.

6. Постоянный мониторинг состояния подземных вод на территории города и особенно на территории, прилегающей к Восточно-Урулюнгуйскому водозабору.

Литература

1. Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья / Под ред. Г.А. Юргенсона. Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 1999. 574 с.
2. Госкомсанэпиднадзор России. М., 2001.

ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В ГОРНОБОБЫВАЮЩИХ РАЙОНАХ РОССИИ И БЕЛАРУСИ

И.В.Галицкая*, Б.И. Коробейников, Г.И.Батрак***

* Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Уланский пер., д. 13, стр. 2, Москва, 101000 Россия. E-mail: galgeoenv@mail.ru

** Государственное научное учреждение «Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси», ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, E-mail: nature@ecology.basnet.by

В современный период одной из приоритетных задач является обеспечение экологической безопасности населения от угроз, связанных с воздействием экологоопасных промышленных объектов (АЭС, полигонов хранения

радиоактивных отходов, химических, горнодобывающих и перерабатывающих предприятий и т.п.). Прогноз формирования опасных геоэкологических ситуаций и оценка возникающих рисков – важные элементы обеспечения экологически безопасного функционирования предприятий и безопасность населения. Теоретические и методологические исследования активно проводятся зарубежными и российскими специалистами, однако актуальнейшей задачей остается углубление и расширение научных знаний о воздействии экологоопасных предприятий на подземные воды расположенных в их зоне влияния урбанизированных территорий, совершенствование методологии прогноза состояния подземной гидросферы и оптимизации мониторинга на данных территориях.

Коллектив Института геоэкологии Российской академии наук им. Е.М.Сергеева и Института природопользования Национальной академии наук Беларуси связывают многолетние научные отношения, постоянный обмен опытом научных исследований. В 2014 г. в рамках совместного гранта РФФИ-БРФФИ начаты исследования, направленные на оценку рисков, обусловленных изменением гидрогеодинамических и гидрогеохимических условий в пределах экологоопасных промышленных объектов России и Беларуси.

Основные объекты изучения – Кимканское железорудное месторождение (Россия) и Микашевичское месторождение гранита (Беларусь). На первом этапе были проведен анализ материалов по геологическому строению и гидрогеологическим условиям территорий, выполнена оценка гидроэкологических условий в зонах влияния действующих и проектируемых карьеров, исследовано потенциальное воздействие на ближайшие урбанизированные территории. Основные результаты исследований приведены в настоящей статье.

Характеристика геолого-гидрогеологических условий территории карьера РУП «Гранит» и геоэкологических проблем, возникающих при разработке карьера.

В геологическом отношении карьер строительного камня «Микашевичи» расположен в пределах Микашевичско-Житковичского выступа, который представляет собой резко приподнятый блок кристаллического фундамента в западной части Припятского прогиба. От смежных с ним Копаткевичской (на севере) и Туровской (на юге) депрессий он отделен системой разломов с суммарной амплитудой смещения до 2000 м. В тектоническом плане выступ представляет собой горстовый блок, который протягивается в субширотном направлении на 80 км при ширине до 10 км. На юге он ограничен крупным разломом с амплитудой до 1-3 км, а на севере – небольшим разломом с амплитудой в первые десятки метров. Поперечными диагональными разломами Микашевичско-Житковичский выступ разделен на три кулисообразно расположенных по отношению друг к другу горста: Житковичский, Микашевичский и Озерницкий. Первые два имеют клиновидную форму длиной 25-35 км. Месторождение строительного камня приурочено к центральному – Микашевичскому горсту. В геологическом строении этого горста принимают участие породы архея (кулажинская серия) и нижнего протерозоя (микашевичский и

волхвинский комплексы). Центральную часть Микашевичского горста составляют породы кулажинской серии, представленные гранат-биотитовыми, силлиманит-гранат-биотитовыми и биотитовыми гранитизированными гнейсами. Западную и восточную части Микашевичского горста составляют породы преимущественно микашевичского комплекса. Это диориты, гранодиориты и плагиоклаз-микроклиновые граниты. В восточной части Микашевичского горста помимо пород микашевичского комплекса (преимущественно диориты и гранодиориты) широко развиты метадиабазы, метагаббро-диабазы и метагаббро, относимые к волхвинскому комплексу. Карьер строительного камня расположен в восточной части горста, сложенного преимущественно диоритами и гранодиоритами, но его западная стенка плотно примыкает к разломной зоне. Это месторождение эксплуатируется уже более 30 лет. В настоящее время площадь карьера по поверхности составляет около 2,6 км², а глубина превышает 130 м. Объем ежегодной добычи достигает здесь 7-8 млн.т. Добыча полезного ископаемого производится здесь под защитой карьерного водоотлива. За время эксплуатации месторождения по мере увеличения глубины карьера среднегодовой объем водоотлива постоянно возрастал. Если в 1975 г. он составлял 120 м³/сут, то к 2000 г. он увеличился до 49,5 тыс. м³/сут, а в настоящее время достигает 74,2 тыс. м³/сут.

Основные экологические проблемы, обусловленные разработкой карьера, связаны с повышенной минерализацией карьерных вод. Процесс их засоления наблюдается с середины 1980-х годов. В 1980 г. средняя минерализация карьерных вод составляла 0,3-0,4 г/дм³ и была сопоставима с естественным геохимическим фоном пресных подземных и поверхностных вод региона. Но уже к 1985 г. она возросла до 1,0-1,2 г/дм³, а в конце 1990-х годов достигла 3-4 г/дм³. Рост минерализации хорошо коррелирует с увеличением глубины отработки месторождения. Интенсивное засоление начало проявляться при глубине отработки 80-100 м. Засоление карьерных вод обусловлено преимущественно накоплением в них ионов Cl^- и Na^+ за счет подтока по разломам глубинных хлоридных натриевых вод из сопредельных частей Припятского прогиба. Рост содержания в водах Cl^- , Na^+ и, в меньшей степени, SO_4^{2-} обуславливает возрастание минерализации вод с 0,3-0,4 г/дм³ до 5-10, а на отдельных участках – до 20-27 г/дм³. В пределах карьера наиболее низкую минерализацию (до 1,0 г/дм³) имеют воды всех источников на верхних уступах (с отметками +82 и +94 м). На нижних уступах (с отметками -2 и +10м) большинство опробованных источников имели повышенную минерализацию (более 1,0 г/дм³). В канале, собирающем сток с этого борта, минерализация закономерно возрастала с 1,0 г/дм³ (источник в крайнем юго-восточном углу карьера на уступе с отметкой +10 м) до 5,5 г/дм³. Максимальная минерализация (до 21 г/дм³) была зафиксирована в одном из левых притоков, впадающем в этот канал.

Касаясь содержания микроэлементов в подземных водах кристаллических пород, можно отметить следующее. Для этих вод характерно повышенное содержание Sr (до 2900-3000 мкг/дм³), Ni (до 400-1000 мкг/дм³), Cu (до 130-670 мкг/дм³). В настоящее время минерализация карьерных вод, которые

через хвостохранилище сбрасываются в Ситницкий канал и по нему попадают в р. Припять, колеблется от 2,1 до 4,8 г/дм³, т.е. в отдельные периоды превышает допустимый уровень – 4,16 г/дм³, установленный для вод, сбрасываемых в водоемы рыбохозяйственного назначения.

Для изучения влияния водоотлива из карьера на уровенный режим подземных вод в 1979 г. была создана режимная сеть из 25 наблюдательных скважин. К 1989 г. она состояла из 11 скважин, а к 2001 г. – из 5 скважин. В настоящее время старая режимная сеть ликвидирована.

В кусте наблюдательных скважин, расположенных на расстоянии 300 м от северо-западной части карьера и оборудованных на водоносные горизонты четвертичных и архей-нижнепротерозойских отложений в 2001 г. понижение уровня достигло 16,46-17,12 м. Эти данные свидетельствуют о том, что водоотлив из карьера существенно изменил гидродинамическую обстановку района исследований. Образовались обширные воронки депрессии как в палеоген-неогеновых и четвертичных водоносных горизонтах, так и в архей-нижнепротерозойском водоносном горизонте.

Снижение уровней подземных вод также привело к существенному снижению стока поверхностных вод на прилегающей к карьере территории. Полностью прекратился сток в канале Вольчувка, проходившем севернее карьера. Резко сократился сток в р. Волхва, протекающей восточнее карьера. Причем сокращение этого стока превысило здесь допустимый предел (1/4 минимального естественного среднемесячного стока 95% обеспеченности).

Характеристика геолого – гидрогеологических условий территории Кимканского железорудного месторождения и геоэкологических проблем, возникающих при освоении месторождения.

Кимканское месторождение относится к группе железорудных месторождений северной части Мало-Хинганского рудного района. Разработка Кимканского железорудного месторождения намечается открытым способом. Вскрытие карьеров намечено системами поступательных автомобильных съездов с поверхности и до дна карьера. Строительство Кимкано-Сутарского ГМК ведется в северо-западной части Еврейской автономной области в районе поселка Известковый на базе Кимканского и Сутарского железорудных месторождений.

В структурном отношении район Кимканского месторождения выполнен сложнодислоцированными преимущественно осадочными метаморфизованными породами позднепротерозойско-раннепалеозойского возраста, осложненными многочисленными тектоническими нарушениями и прорванными обширными массивами гранитных интрузий. Сложная тектоника месторождения обуславливает интенсивную трещиноватость коренных пород. Рудные залежи имеют субмеридиональное простирание и разбиты тектоническими нарушениями на отдельные блоки. Подчиненное значение имеют аллювиальные отложения четвертичного возраста [2].

Гидрогеологические условия Кимканского месторождения определяются геологическими, климатическими и орографическими условиями. По

характеру вмещающей среды подземные воды преимущественно относятся к трещинному типу, что позволяет классифицировать Кимканское месторождение как гидрогеологический массив с преимущественно трещинным безнапорным типом вод. Естественными гидрогеологическими границами-дренами участка являются долины рек Кимкан и Сутара с абс. отм. уровня воды 230-250 м [2]. Основная водоносность пород сланцевого комплекса приурочена к верхней зоне – зоне выветривания. В районе расположения гранитов источники редки и маловодны. Химический анализ воды из источников: рН – 6,4-6,8, концентрации Ca^{2+} – 14,29 – 57,18 мг/дм³, Mg^{2+} – 1,75 – 3,49 мг/дм³, NH_4^+ – 0,1 – 0,5 мг/дм³, HCO_3^- – 85,43- 305,0 мг/дм³.

Все рассмотренные комплексы взаимосвязаны между собой и представляют собой единую водонасыщенную толщу. Однако условия циркуляции подземных вод неоднородны и определяются в первую очередь литологическим составом водовмещающих пород и характером трещиноватости. В сланцевых породах даже на участках тектонических нарушений циркуляция подземных вод незначительна, связь подземных вод осуществляется по трещинам напластования по простиранию пород и значительно ослаблена вкрест простирания.

Для подземных вод рудоносной свиты, в первую очередь карбонатных, тектоническая раздробленность значительно повышает их свободное движение. Тектонические нарушения, секущие породы вкрест простирания, являются основными путями, по которым осуществляется взаимодействие подземных вод различных комплексов.

Экологические проблемы при освоении Кимканского месторождения связаны с воздействием на водные системы на этапах добычи и переработки руды. На этапе добычи руды в результате намечаемой деятельности произойдет образование сточных вод (скважинный водоотлив, карьерные воды, ливневые сточные воды). В карьерных и ливневых сточных водах возможно повышенное содержание в первую очередь взвешенных веществ и нефтепродуктов. На этапе переработки руды будут образовываться следующие виды сточных вод: сточные воды систем охлаждения, производственные сточные воды, вода со сгущенной хвостовой пульпой, ливневые сточные воды, хозяйственно-бытовые сточные воды. В воде со сгущенной хвостовой пульпой возможно повышенное содержание водорастворимых форм металлов, в ливневых сточных водах – взвешенных веществ, нефтепродуктов, в хозяйственно-бытовых сточных водах – взвешенных веществ, нитритов, нитратов, ионов аммония, фосфатов, ПАВ и др. Загрязнение подземных и поверхностных вод сточными водами может создать значительные проблемы при организации водоснабжения строящегося горно-обогатительного комбината.

Не менее значимой проблемой является изменение гидрологических и гидрогеологических условий при карьерном водопонижении. Так как водоснабжение будущего рудника и рудничных поселков будет обеспечено за счет рек Сутара и Кимкан и трещинно-карстовых вод источников, проблема ухудшения качества вод стоит достаточно остро. Результаты предварительного численного моделирования геофильтрационных процессов при откачке

воды из карьера показали, что возможно понижение напоров геофильтрационного потока в их окрестности и на междуречье в целом. В результате карьерного водопонижения возможен перехват речного стока малых рек, изменение условий подтопления пойм, подтягивания загрязнения подземных вод удаленных областей, перехвата подземных вод, используемых в прилегающих районах для водоснабжения. В процессе осушения возникает проблема утилизации дренажных вод и оценка возможности и использования ее для водоснабжения жилых и производственных объектов нового промышленного района [1].

Таким образом, в результате анализа современных геолого-гидрогеологических и гидрогеохимических условий на территории исследуемых горнодобывающих предприятий в России и Беларуси были выявлены основные геэкологические проблемы, возникающие в районах действующих и проектируемых карьеров. На следующих этапах планируется проведение моделирования для оценки рисков, связанных с нарушением естественных гидрогеологических условий при разработке карьеров, а также разработка рекомендаций по оптимизации схем, сетей мониторинга подземных вод.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант Бел-а 14-05-90010) и Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований.

Литература

1. Лехов М.В., Арбузов А.И., Батрак Г.И., Костикова И.А. Региональный прогноз влияния разработки железорудного месторождения на гидрогеологические условия междуречья Кимкан – Сутара // Сергеевские чтения. Вып. 11. М.: ГЕОС, 2009. С. 374-380.
2. Медведева И.Н. Бурмыкина М.Д. и др. Отчет о геологоразведочных работах на Кимканском железорудном месторождении, проведенных в 1948-1953 гг. Дальн. ГУ Мин-гео СССР, 1956.

ТЕХНОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

Э.М. Горбунова

Институт динамики геосфер РАН, 119334, Россия, Москва, Ленинский проспект, 38, корп. 1.
Email: emgorbunova@bk.ru

В пределах урбанизированных территорий подземные воды наиболее подвержены техногенному воздействию, так как используются не только для хозяйственно-питьевого и производственного водоснабжения городских агломераций, но и разрабатываются при проведении дренажных работ в про-

цессе освоения подземного пространства. Интенсивная эксплуатация разновозрастных водоносных горизонтов приводит к формированию крупных депрессионных воронок и по уровню антропогенной нагрузки на геологическую среду сопоставима с изменением гидрогеодинамической обстановки на участках проведения подземных ядерных взрывов на Семипалатинском полигоне [1]. Актуализация экспериментального материала по изучению постдинамических процессов, связанных с крупномасштабными экспериментами, представляет особую значимость для анализа развивающихся природно-техногенных систем.

В 70-х годах прошлого столетия основная направленность геолого-геофизических и гидрогеологических исследований на полигоне заключалась в картировании территории, поиске и разведке источников водоснабжения. Отчеты по детализации инженерно-геологического строения испытательных площадок служили основой для выбора участков проведения крупномасштабных экспериментов. В 90-е годы на отдельных объектах выполнялись комплексные работы по изучению воздействия подземных ядерных взрывов (ПЯВ) на массив горных пород в два этапа, до и после проведения эксперимента, которые включали:

- документацию горизонтальных горных выработок (штолен);
- бурение наблюдательных скважин и гидрогеологическое опробование;
- геофизические исследования (в скважинах, штольнях, по профилям) [2];
- отбор монолитов и образцов керна для определения физико-механических свойств пород и петрографического описания;
- отбор проб воды из поверхностных и подземных вод для анализа химического состава;
- мониторинг подземных вод.

При ряде экспериментов проводились детальные наблюдения за реакцией подземных вод на взрывное воздействие. В первые сутки после крупномасштабного эксперимента наряду с автоматической регистрацией выполнялись периодические замеры уровня в скважинах и дебита ручьев, расположенных в радиусе до 5 км от эпицентра взрыва, с последующей ежелекционной регистрацией.

Гидрогеологические условия Семипалатинского полигона зависят от особенностей геологического строения и наличия разрывных нарушений разного порядка. Подземные воды трещинного и трещинно-жильного типа распространены повсеместно под толщей рыхлых отложений мезо-кайнозоя мощностью от первых метров до 80 м в зонах экзогенной и тектонической трещиноватости пород палеозоя. Вскрытые водоносные горизонты преимущественно напорные, на участках выклинивания относительного водоупора – безнапорные. Грунтовые воды имеют спорадическое развитие и поэтому не изучались. Естественный режим подземных вод равнинный, суточные вариации уровня не превышают 1-5 см, сезонные – достигают 0,5-1,5 м.

По сейсмогеологическим данным пористость водовмещающих пород закономерно снижается по глубине. По результатам расходомерии скважин наиболее водоносна верхняя часть горизонта – зона экзогенного выветривания пород и отдельные интервалы, приуроченные к разрывным нарушениям. По данным сейсмопрофилирования в разрезе по кровле относительно монолитных пород прослежено положение структурной (преломляющей, геофизической) границы.

При проведении ПЯВ выделены 3 основные стадии изменения гидрогеодинамической обстановки в области с относительным радиусом $r/q^{1/3}$ до $1000 \text{ т/кт}^{1/3}$. В момент проведения крупномасштабного эксперимента фиксируется кратковременный подъем уровня подземных вод, в отдельных случаях – фонтанирование высоконапорных неглубоко залегающих водоносных горизонтов, увеличение расхода родников и водопритоков в горные выработки. На второй стадии регистрируется снижение уровня поверхности ниже первоначального положения и образование депрессионной воронки за счет дренирования водоносных горизонтов зонами образованной техногенной и подновленной петрогенетической и тектонической трещиноватости пород. На протяжении третьей стадии прослеживается процесс постепенного восстановления уровня подземных вод в результате естественного восполнения сработанных запасов.

Сопоставление результатов экспериментальных исследований позволяет оценить размер и продолжительность формирования области техногенно-нарушенного режима подземных вод, изменение гидрогеологических и геофизических параметров водовмещающих пород. Изменение состояния массива горных пород подтверждено вариациями значений скоростей по площади и в разрезе и смещением положения структурной границы, выделенной вдоль границы раздела выветрелых и относительно монолитных (слаботрещиноватых) пород.

По результатам гидрогеологического опробования наблюдательных скважин установлено, что водопроницаемость пород после проведения крупномасштабных экспериментов меняется неоднозначно. По данным расходомерии определено изменение мощности интервалов водопритока и интенсивности, смещение и образование новых интервалов в разрезе скважин. Наиболее значимые изменения режима подземных вод прослеживаются в сопряженном с эпицентром ПЯВ блоке, в зонах влияния разрывных нарушений и в пределах блоков, нарушенных ранее проведенным ПЯВ.

В качестве примера рассмотрены особенности изменения гидрогеодинамической обстановки на двух смежных участках, расположенных на юго-западе экспериментальной площадки Балапан Семипалатинского полигона (рис. 1а,б). Рассматриваемый гидрогеологический массив является дискретным, так как включает блоки и пересекается региональным разломом северо-западного простирания. Гидравлическая связь между выделенными блоками изменяется от совершенной до затрудненной. Однако гидравлическая дискретность проявляется при взрывном воздействии на ограниченных участках.

В региональном плане исследуемый массив представляет единую гидравлическую структуру.

Данные мониторинга использованы для составления схем движения подземных вод. Конфигурация изолиний уровня указывает на неоднородность фильтрационных параметров рассматриваемого водоносного горизонта и влияние разрывных нарушений. В пределах участка I на протяжении 6 часов после взрыва в радиусе 0,5 км от эпицентра сохранялся купол избыточного напора, сменившийся формированием депрессионной воронки вдоль границ центрального блока в течение последующих 6 месяцев (рис. 1, а). Максимальное снижение уровня подземных вод достигало 60 м на расстоянии 0,5 км от эпицентра.

Вдоль зоны влияния регионального разлома снижение уровня составило 28 м. В юго-восточной части разлома, наиболее приближенной к области питания подземных вод, снижение уровня не превысило 5 м. В восточном блоке изменение урвенной поверхности сглажено за счет обводненности рыхлых отложений мезо-кайнозоя и наличия локальных эрозионных «окон» на участках выклинивания относительного водоупора. Режим подземных вод в юго-западном блоке вне зоны влияния регионального разлома не изменился.

Вариации уровня подземных вод в наблюдательных скважинах после взрыва на участке I подтверждают блоковое строение исследуемого массива горных пород. В момент наибольшего снижения пьезометрической поверхности перепад уровней между центральным и северо-восточным блоком превышает 50 м, между центральным и восточным – более 40 м, между зоной влияния разлома и прилегающими с севера блоками – порядка 20-30 м.

Через 14 лет после проведения крупномасштабного эксперимента на участке I в эпицентральной части сохранилась депрессионная воронка, что свидетельствует о необратимых изменениях состояния массива горных пород (рис. 1, а).

Результаты сопоставления наблюдений за восстановлением уровня после ПЯВ на участке II указывают на зависимость амплитуды изменения уровня как от эпицентрального расстояния, так и от локальных геологоструктурных условий (рис. 1, б). На протяжении 2 суток после крупномасштабного эксперимента происходит формирование депрессионной воронки, вытянутой вверх по направлению подземного потока. В скважинах, вскрывающих малые интрузии гранодиоритов, развитые вдоль осевой зоны регионального разлома, зарегистрировано максимальное снижение уровней на 15,9-19,7 м.

В дальнейшем прослежена общая тенденция подъема урвенной поверхности до первоначального положения, но и через 10 месяцев после взрыва уровень подземных вод вдоль осевой зоны регионального разлома остается невосстановленным на 5,2 и 3,8 м, в эпицентральной зоне – на 1,2 м.

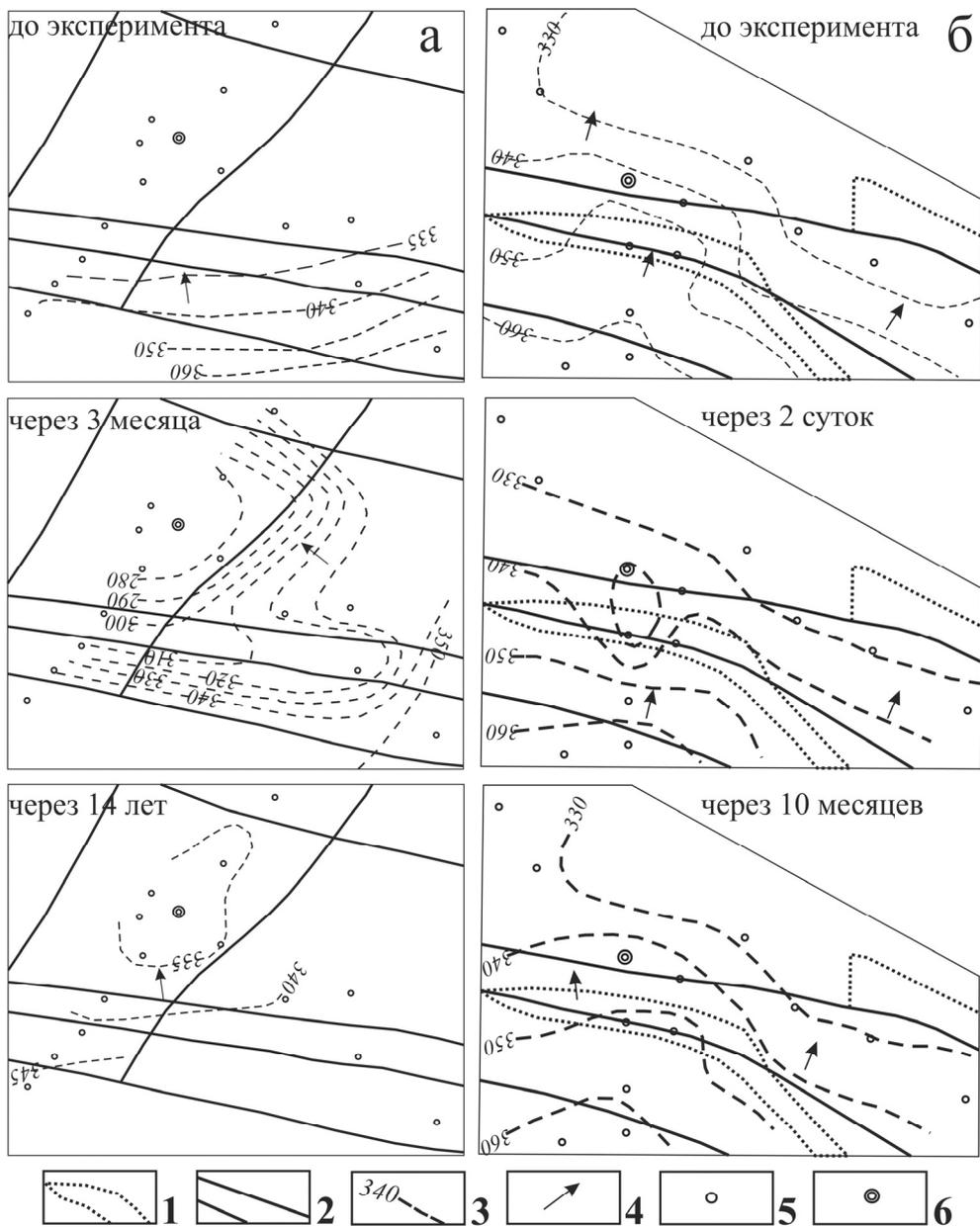


Рис. 1. Схема движения подземных вод на участках I (а) и II (б):
 1 – граница интрузивных образований; 2 – разрывные нарушения; 3 – изолинии
 уровня подземных вод, цифра – абс. уровня, м; 4 – основное направление
 движения подземных вод; 5-б – скважины: 5 – наблюдательная,
 б – экспериментальная

На основе обобщения имеющихся данных по наблюдениям за изменением гидрогеодинамической обстановки выделены общие закономерности изменения режима подземных вод под влиянием крупномасштабных экспериментов. Взрыв приводит к нарушению фильтрационной структуры подземного потока. Реакция подземных вод на проведение взрывов подобна при различных масштабах экспериментов и различается по интенсивности проявления. Обратная зависимость амплитуды изменения уровня подземных вод от эпицентрального расстояния прослежена в относительно однородных условиях и не выдерживается при наличии структурных границ, на участках выклинивания относительного водоупора и нарушенных ранее проведенными взрывами, увеличении глубины залегания кровли водовмещающих пород.

Полученные экспериментальные данные имеют прикладное значение и могут быть использованы в качестве модельных для прогнозной оценки негативных последствий изменений гидрогеологических условий урбанизированных территорий и разработке превентивных мероприятий по их предупреждению.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 14-17-00719).

Литература

1. Горбунова Э.М., Спивак А.А. Изменение режима подземных вод при подземных ядерных взрывах // Геоэкология. 1997. № 6. С. 29-37.
2. Петрожицкий И.И., Чертков Л.Г., Шпаковский В.И., Хлюпин Ю.Д. Геофизические исследования при сооружении подземных испытательных объектов на ядерных полигонах // Разведка и охрана недр. 2008. № 10. С. 42-46.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СОСТАВЕ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ НА ТЕРРИТОРИЯХ МЕГАПОЛИСОВ (НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА)

Р.Э. Дашко, Я.А. Карпова

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»,
199106 Санкт-Петербург, ВО, 21 линия, д. 2. Email: regda2002@mail.ru

Безопасность освоения и использования подземного пространства мегаполисов в целях реализации строительства наземных сооружений (типовых гражданских и транспортных), в том числе уникальных высотных зданий, а также подземных сооружений (метрополитена и канализационных коллекто-

ров различной глубины заложения) должна базироваться на комплексной оценке подземного пространства как многокомпонентной системы. Наиболее значимые составляющие этой сложной системы являются: горные породы/грунты и подземные воды напорных и безнапорных водоносных горизонтов. Анализ аварийных ситуаций зданий и сооружений, изучение материалов инженерно-геологических исследований на различных этапах проектирования показывает, что в современной практике изысканий, оценке гидрогеологической обстановки, зачастую, не уделяется должного внимания, а в отдельных случаях влияние гидрогеологических условий в проектах не анализируется. В тоже время исследованиями кафедры гидрогеологии и инженерной геологии Горного университета под руководством проф. Р.Э. Дашко давно доказано, что обязательной позицией инженерно-геологического прогнозирования эксплуатационной надежности наземных и подземных сооружений является гидрогеологический фактор, анализ которого должен производиться с учетом следующих позиций: 1) воздействие изменения гидродинамических режимов водоносных горизонтов на напряженно-деформированное состояние (НДС) грунтов, служащих основанием и/или вмещающей средой сооружений различного назначения, за счет восходящего или нисходящего перетекания подземных вод напорных водоносных горизонтов; 2) развития абсолютных и относительных осадков сооружений за счет изменения НДС при варьировании величины напоров подземных вод; 3) оценки коррозионной способности подземных вод по отношению к конструкционным материалам с учетом влияния окислительно-восстановительных и кислотно-щелочных условий, формирование которых зависит от содержания органических соединений природного и техногенного генезиса и микроорганизмов, предопределяющих развитие биокоррозионных процессов строительных материалов.

Гидрогеологический разрез Санкт-Петербургского региона характеризуется весьма сложным строением, выделяют: грунтовые воды, верхний и нижний межморенный, ордовикский, кембро-ордовикский, ломоносовский водоносные горизонты, а также вендский водоносный комплекс. Грунтовый горизонт и вендский комплекс имеют региональное распространение в пределах Санкт-Петербурга. Верхний межморенный водоносный горизонт развит в северной и северо-восточной части города, нижний межморенный горизонт – локально в пределах погребенной долины, протягивающейся от Ладоги до Курортного района, где он используется в качестве источника водоснабжения, кембро-ордовикский, ордовикский и ломоносовский водоносные горизонты распространены в южной части города.

Первым от поверхности водоносным горизонтом являются грунтовые воды, формирование состава и физико-химических условий которых происходит не только за счет атмосферных осадков и наличия погребенных и действующих болот, но также техногенных факторов: утечек из систем водоотведения, жидкой фазы свалок, кладбищ и др. Следует отметить, что застойный режим грунтовых вод определяется наличием непроницаемых конструкций набережных, рек и каналов, которые считаются потенциальными областями дренирования грунтовых вод.

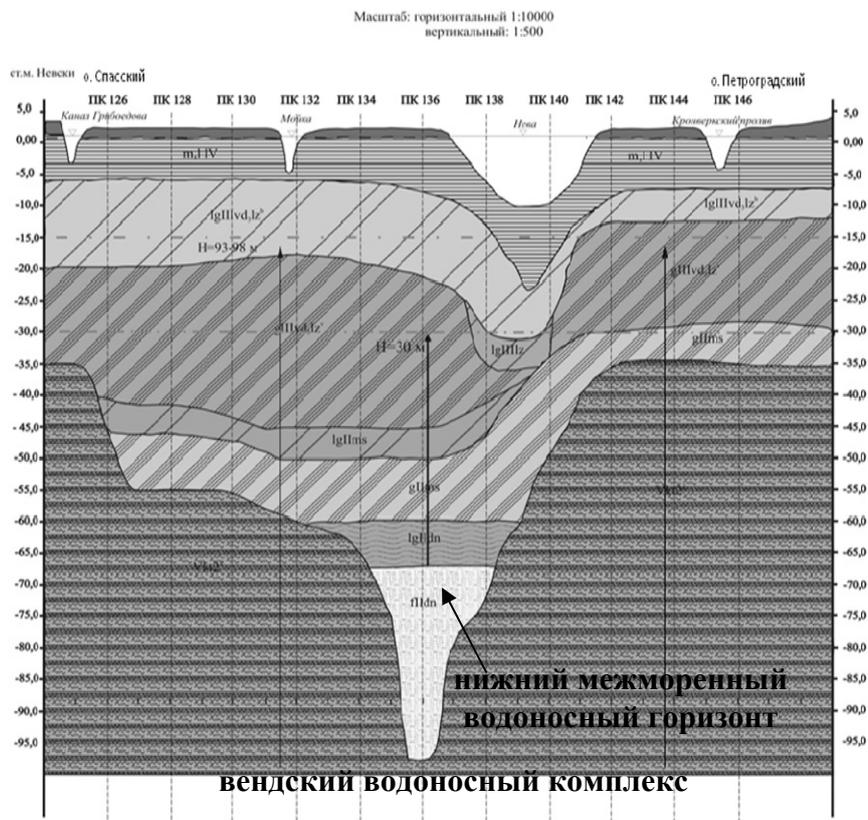


Рис. 1. Разрез глубокой погребенной долины на перегоне между станциями Спасская и Петроградская [2]

В связи с интенсивным и длительным техногенным загрязнением подземной среды в грунтовых водах отмечается повышенное содержание соединений серы, азота, хлоридов, величина окислительно-восстановительного потенциала (Eh) в большинстве районов имеет отрицательные значения. Известно, что в практике современных гидрогеологических исследований для целей строительства изучению компонентного состава подземных вод и гидродинамическим особенностям водоносных горизонтов отводят второстепенную роль. Содержание органики в природных водах характеризуется только с помощью величины перманганатной окисляемости ($\text{мгO}_2/\text{дм}^3$) и содержание гумуса.

Вместе с тем, комплексный анализ компонентного состава грунтовых вод в исторической части Санкт-Петербурга позволил установить, что специфика их химического состава позволяет определить устойчивость подземных фундаментных конструкций, в том числе степень выщелачивания бута

известняка и растворов кирпичной кладки фундаментов старинных зданий. Так, в составе грунтовых вод исторической части города отмечается повышенное содержание щелочноземельных элементов (Ca^{2+} и Mg^{2+}) (табл. 1). Следует отметить, что определение величины ХПК в грунтовых водах дает возможность оценить не только содержание легкоокисляемой органики, но и общее ее содержание. При этом как показали наши исследования, значительная часть трудноокисляемой органики представлена белковыми соединениями и преобразованными липидами, различными результатами деятельности микроорганизмов. Дополнительное определение БПК₅ показывает степень активности аэробных микроорганизмов.

Таблица 1

Химический состав грунтовых вод в зоне исторического центра Санкт-Петербурга

Элементы	I	II	III	IV	V	VI
pH*	6,85-7,23	7,21-7,38	6,84-7,29	6,88-7,47	7,21-7,68	6,85-7,69
Eh, мВ*	(+68) – (- 55)	(-61)-(-93)	(+63)-(-105)	(-68)-(-107)	(+85)-(+17)	(-61)-(-127)
NH_4^+ , мг/дм ³	1,4-25,2	2,3-4,0	1,8-33,0	1,9-2,7	2,4-5,0	1,5-9,8
SO_4^{2-} , мг/дм ³	24,6-65,7	16,0-41,1	16,0-164,4	8,0-57,5	22,0-123,3	13,8-657,6
Ca^{2+} , мг/дм ³	128,3-140,2	92,2-114,7	20,1-130,3	56,1-112,2	54,1-74,2	84,2-172,3
Mg^{2+} , мг/дм ³	36,0-54,2	31,2-52,1	24,0-69,0	24,0-36,0	9,6-34,1	19,2-199,2
$\text{Na}^+ + \text{K}^+$, мг/дм ³	152,7-833,0	55,2-61,4	159,0-366,0	46,0-120,0	34,5-47,3	131,0-370,0
Cl, мг/дм ³	39,0-709,6	42,5-60,4	35,4-857,9	35,4-226,9	32,0-71,2	28,7-531,0
HCO_3^- , мг/дм ³	122,0-1384,5	463,6-573,4	244,0-1723,0	183,0-427,0	97,6-488,1	158,6-1220,0
Минерализация, мг/дм ³	577,1-2484,5	895,2-723,6	449,1-2780,4	418,4-897,8	361,2-956,9	482,8-2725,5
Перманг. окисляемость, мгО ₂ /дм ³	24,7-112,2	25,6-112,0	13,2-80,0	16,6-64,0	14,8-80,0	19,0-144,0
ХПК, мгО ₂ /дм ³	12,3-74,3	44,0-81,2	34,2-57,0	20,0-36,0	20,0-61,2	40,0-320,0
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	4,0-12,3	6,0-7,2	0,5-2,8	6,6-8,4	5,8-10,2	6,6-30,2
СО ₂ агр., мг/дм ³	17,6-24,2	до 2,2	до 48,8	2,2-13,2	2,2-22,0	2,2-103,4

Ниже по разрезу четвертичной толщи залегает высоконапорный верхний межморенный водоносный горизонт, к которому приурочено «Полюстровское месторождение» минеральных вод, расположенное в северо-восточной части Санкт-Петербурга.

В середине 60-х годов при строительстве зданий в зоне развития этого горизонта наблюдались прорывы подземных вод в котлован, в связи с чем было принято решение о снижении напоров. В то время все проекты строительства были согласованы без учета влияния напора Полюстровского водоносного горизонта на строительство и эксплуатацию сооружений. Снятие напоров и, в свою очередь, воздействие строительства на состояние уникального месторождения железистых вод также игнорировалось. Таким образом, это месторождение было загублено. Мощные водопонижения с применением

эрлифтов способствовали изменению не только гидродинамического режима водоносного горизонта, но и изменению их химического состава и физико-химических условий. В начальный период откачки в водоносном горизонте сформировалась мощная зона аэрации. Кроме того, при снижении уровня пьезометрической поверхности верхнего межморенного водоносного горизонта ниже зеркала грунтовых вод наблюдалась нисходящая фильтрация загрязнителей, что привело к резкому увеличению содержания соединений серы, азота, хлоридов и нефтепродуктов. Значительно повысилось содержание бальнеологического элемента железа (Fe^{2+}) выше предельно допустимых значений (ПДК).

Уже более 30 лет водоносный горизонт не эксплуатируется, что способствует восстановлению его пьезометрической поверхности до начальных значений выше уровня земной поверхности. В пределах ул. Ключевой наблюдаются выходы грифонов за счет формирования восходящих источников, затопление подвалов агрессивными водами, изменение НДС пород в основании эксплуатируемых сооружений и их переход в предаварийное состояние. Следует отметить, что при проведении инженерно-геологических изысканий даже при вскрытии Полюстровского водоносного горизонта ряд специалистов в период проведения полевых работ отказываются наблюдать за восстановлением напоров полюстровского горизонта. Недоучет гидродинамического фактора при оценке несущей способности свайного фундамента приводит к развитию значительных и неравномерных деформаций зданий, и при относительно невысоких величинах залегания. Кроме того, что воды этого горизонта обладают высокой углекислотной агрессивностью, а также биокоррозионной способностью по отношению к конструкционным материалам, что отмечалось еще микробиологом акад. Б.Л. Исаченко.

Нижний межморенный водоносный горизонт развит в нижней части глубоких погребенных долин (рис. 1). Следует отметить, что в пределах субширотной погребенной долины, которая протягивается от Ладоги до Курортного района Санкт-Петербурга, этот горизонт имеет повсеместное развитие, его напоры которого превышают 60 м. Известно, что с этим горизонтом связаны серьезные аварии перегонных тоннелей «Лесная – Пл. Мужества» 1975 и 1995 годов. В целях экономии денежных средств проходку перегонных тоннелей решили вести один над другим на расстоянии 15 м друг от друга. Горные работы велись в ледогрунтовой целике, который был создан рассольным способом. Известно, что использование рассольного способа замораживания песков дает позитивный эффект при застойном гидродинамическом режиме подземных вод, что не наблюдалось в случае проходки тоннеля при относительно высоких скоростях фильтрации.

Важное значение для обеспечения устойчивости наземных зданий и подземных сооружений в Санкт-Петербурге имеет вендский водоносный комплекс, который в настоящее время характеризуется высокими напорами (более 100 м). В 30-х – начале 40-х гг. прошлого века положение пьезометрической поверхности этого водоносного горизонта отмечалось выше земной поверхности, что соответствовало положению области питания этого гори-

зонта вблизи Выборга. Воды вендского комплекса имеют хлоридный натриевый состав и повышенную минерализацию (от 2,5 до 3,5 г/дм³, реже выше). Установлено, что в период интенсивного водопотребления, при снижении напоров на 70 м тоннельные конструкции испытывали, в основном, деформации оседания. Сокращение объемов водопотребления вод этого комплекса привело к постепенному восстановлению его пьезометрической поверхности, что способствовало подъему тоннельных конструкций метрополитена, расположенных под тальвегом погребенных долин в непосредственной близости от кровли водоносного комплекса, разделенной от кровли водоносного комплекса маломощной толщей дезинтегрированных глин. Относительная деформация эксплуатируемых тоннельных конструкций составляет 0,003-0,004 на 1 км трассы, что приводит к формированию дефектов в тоннельных конструкциях и появлению микротрещин в несущих обделках тоннелей.

Возможность восходящего перетекания хлоридных натриевых вод связана с трещиноватостью коренных глин, перекрывающих вендский водоносный комплекс, которые в практике изысканий рассматриваются как абсолютный водоупор. При проектировании перегонных тоннелей влияние напоров и химизма вендского комплекса на их длительную устойчивость не анализировалось. Вместе с тем, исследованиями Горного университета было установлено, что глины представляют собой трещиновато-блочную среду с повышенной проницаемостью. Восходящее перетекание хлоридных натриевых вод этого водоносного комплекса приводит к разрушению чугунных и железобетонных обделок, вызываемых не только химическими, но и биохимическими процессами.

Воздействие вендского водоносного комплекса необходимо учитывать при устройстве глубоких свайных фундаментов с позиции возможности снижения их несущей способности за счет уменьшения величины трения по боковой поверхности сваи и под ее пятой при восходящей фильтрации хлоридных натриевых вод через трещиноватую глинистую толщу, что не было учтено при проектировании высотного здания «Лахта – центр».

Таким образом, на современном этапе совершенствования нормативных документов оценка гидрогеологической обстановки в пределах городских территорий должна базироваться на учете гидродинамического и гидрохимического режимов подземных вод с позиции их влияния на напряженно-деформированное состояние толщи пород, формирование восходящего либо нисходящего перетекания подземных вод, а также воздействия на конструкционные материалы. В составе исследований компонентного состава подземных вод должно производиться определение неустойчивых показателей водной среды (Eh, pH, H₂S) только в полевых условиях с применением селективных электродов. Кроме того, обязательным пунктом должна являться оценка микробной составляющей подземной среды для выявления значимости биокоррозионных процессов.

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ
И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ
ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЕРЕГОННЫХ ТОННЕЛЕЙ
ПЕТЕРБУРГСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА В ВОДОУПОРНОЙ
ТОЛЩЕ ВЕНДСКОГО ВОДОНОСНОГО КОМПЛЕКСА**

Р.Э. Дашко, П.В. Котюков

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 199106, Санкт-Петербург,
Васильевский остров, 21-ая линия, д. 2. E-mail: regda2002@mail.ru

В 2015 г. ГУП «Петербургский метрополитен» отмечает юбилейную дату – 60 лет с момента ввода в эксплуатацию участка первой Кировско-Выборгской линии между станциями «Автово» и «Площадь мужества». Его проектирование и строительство было начато в конце 30^{-х} – начале 40^{-х} годов, но было прервано из-за Великой Отечественной войны и возобновлено только после её окончания. Еще на этапе проектирования первых трасс Петербургского метрополитена встал вопрос о глубине заложения тоннелей, при этом во внимание принимались некоторые особенности инженерно-геологических условий подземного пространства города, прежде всего, это достаточно глубокое залегание кровли относительно устойчивых коренных глинистых пород (на отдельных участках до 100-120 м) и преобладание в разрезе четвертичных отложений слабых водонасыщенных грунтов, в том числе плавунных, тиксотропных и газогенерирующих разностей. В центральных районах города был выбран вариант глубокого заложения трасс метрополитена – в толще плотных высоколитифицированных верхнекотлинских глин верхнего венда с маломощными прослоями песчаников, которая рассматривалась как абсолютный водоупор, что должно было полностью исключить возможность восходящего перетекания минерализованных хлоридных натриевых вод из залегающего ниже высоконапорного вендского водоносного комплекса (нижнекотлинского водоносного горизонта) и их взаимодействие с конструкциями тоннелей, а также влияние гидродинамических условий на напряженно-деформированное состояние вмещающих пород. При проектировании совершенно не учитывалась специфика структурно-тектонических условий города – наличие большого количества разломов различного порядка и связанных с ними зон повышенной трещиноватости и водопроницаемости коренных глин, а также влияние дезинтегрированности глин на их прочность и деформационную способность. Кроме того, не было обращено внимание на наличие в кровле верхнекотлинских глин эрозионных врезов от древних речных долин (палеодолины), глубина которых достигает 80-90 м. В пределах таких долин, заложённых по наиболее крупным разломам, коренные глины характеризуются наибольшей раздробленностью.

Как показал опыт строительства и эксплуатации перегонных тоннелей, толща верхнекотлинских глин не является надёжным водоупором. Еще в

1940-1960х годах, при проходке первых трасс, геологами Ленметропроекта было отмечено, что «ламинаритовые» [прим. автора – верхнекотлинские] слои разбиты сетью почти вертикальных трещин, проходящих с юго-запада на северо-восток. По этим трещинам иногда прослеживаются древние подвижки, в результате которых на плоскостях трещин образовались зеркала скольжения. Такие трещины в плотном массиве древних глин иногда в значительной мере осложняли разработку выработок, приводили к необходимости изменить принятые приемы сооружения выработок, а иногда создавали угрозу обвалов забоев в выработках».

Более поздние исследования, проведенные на кафедре гидрогеологии и инженерной геологии Горного университета под руководством проф. Р.Э. Дашко, доказали, что толща верхнекотлинских глин имеет трещиноватоблочное строение, обусловленное сочетанием систем трещин различного генезиса – тектонических, литогенетических, гляциотектонических, а также трещин морозобойного выветривания и упругого отпора [2]. При этом следует различать участки в пределах зон тектонических разломов и вне таких зон. Вне участков разломов толща коренных глин имеет зональное строение; наибольшая интенсивность их трещиноватости отмечается в верхней части разреза глин до глубин около 40 м (относительно кровли). В зонах разломов коренные глины разбиты сетью трещин на всю мощность разреза. Проницаемость трещиноватых глин на несколько порядков выше, чем пористых глинистых блоков, коэффициент фильтрации которых по данным исследований ВНИМИ с помощью датчиков порового давления изменяется от 10^{-7} до 10^{-4} м/сут.

Высокую проницаемость верхнекотлинской толщи подтверждают многочисленные данные по количеству и составу водопроявлений (течей, капеля, увлажнений и др.) в обследованных перегонных тоннелях глубокого заложения, вмещающей средой которых служат верхнекотлинские глины. При этом можно выделить несколько вариантов размещения перегонных тоннелей: 1) вне контура погребенных долин (на глубинах порядка 40-50 м от поверхности); 2) под склоновой частью палеодолин (глубины около 50-80 м); 3) ниже тальвеговой зоны погребенной долины (глубины более 80 м). Относительное количество течей на участках вне погребенных долин, как правило, не превышает 5-10% от их общего числа. Максимальное количество течей зафиксировано на участках, где тоннели проходят под тальвегами и примыкающими к ним склонами палеодолины, – в среднем около 90-95% от всех выявленных водопроявлений. Это обусловлено тем, что на таких участках, как указывалось ранее, верхнекотлинские глины характеризуются наибольшей степенью трещиноватости и водопроницаемости. Кроме того, перегонные тоннели под тальвегами опускаются на максимальную глубину (до 100 м) и располагаются в непосредственной близости от кровли вендского водоносного комплекса (на расстоянии до 10-15 м). Следует отметить, что в нижней части верхнекотлинской толщи увеличивается содержание и мощность прослоев песчаника, что также способствует обводнению тоннелей, особенно

при наличии гидравлической связи между этими прослоями и водами вендского водоносного комплекса.

Таким образом, необходимо принимать во внимание влияние вендского водоносного комплекса на условия строительства и эксплуатации перегонных тоннелей. Это влияние следует оценивать с нескольких позиций: 1) действие напоров комплекса на формирование напряженно-деформированного состояния толщи пород и тоннелей; 2) преобразование физико-механических свойств пород вмещающей толщи в результате их взаимодействия с минерализованными хлоридными натриевыми водами; 3) степень агрессивности вод по отношению к материалам конструкций.

При анализе гидродинамического режима вендского водоносного комплекса необходимо учитывать историю его водопотребления. В 1940-х годах прошлого века его пьезометрический уровень находился выше дневной поверхности. В послевоенный период началась интенсивная эксплуатация вод комплекса, которая привела к образованию депрессионной воронки площадью свыше 20 тыс. км². В пределах размещения трасс метрополитена снижение напоров в 1976-78 гг. достигало 70 м. С 1978 года, в связи с введением ограничений на потребление вод вендского водоносного комплекса, наблюдается восстановление его пьезометрического уровня до значений, близких к естественным, со скоростью около 1,5-2,0 м/год. В настоящее время его напоры в пределах города составляют 95-105 м.

Варьирование положения пьезометрической поверхности водоносного комплекса формирует изменение напряженного состояния пород толщи и соответственно давление на тоннельную конструкцию. Эти воздействия прослеживаются по характеру перемещений тоннелей в различные годы наблюдений. В качестве примера можно привести трассу «Черная речка – Пионерская», которая расположена в пределах северной части города и в 70-е годы прошлого века оказалась в зоне развития глубокой депрессионной воронки водоносного комплекса (рис. 1).

Как видно на рисунке, перегонные тоннели, пройденные вне контура погребенной долины в относительно слаботрещиноватых верхнекотлинских глинах, испытывают преимущественно перемещения оседания небольшой величины до 24 мм за счет неравномерного сжатия вмещающих пород. Под склонами палеодолины трасса погружается на значительную глубину и располагается ближе к кровле вендского водоносного комплекса, в результате чего усиливается взвешивающий эффект, оказываемый напорными водами этого комплекса на верхнекотлинские отложения и обделку. За счет восходящего потока подземных вод наблюдается постепенный подъем тоннелей во времени при постоянном росте напоров. На участке перегонных тоннелей, пройденном под тальвегом палеовреза, подошва тоннелей находится на минимальном расстоянии (15 м) от кровли вендского водоносного комплекса, что определяет максимальное гидродинамическое давление подземных вод и приводит к подъему тоннельных конструкций выше первоначальной отметки их заложения.

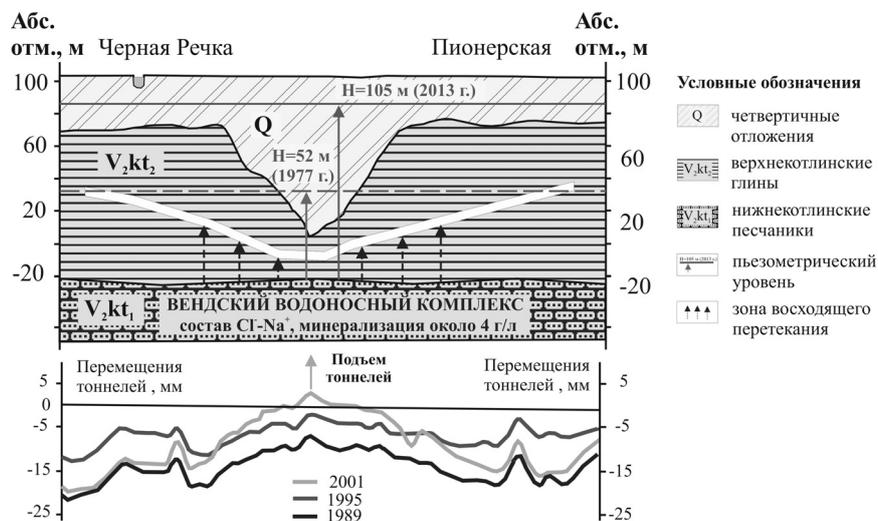


Рис. 1. Схематический геолого-литологический разрез по трассе «Черная речка – Пионерская» с графиками перемещений перегонных тоннелей

Рост градиентов напора способствует интенсификации восходящего перетекания вод вендского водоносного комплекса через трещиноватую толщу водоупора верхнекотлинских глин и их активному взаимодействию с глинистыми блоками и обделкой тоннелей.

Воды вендского водоносного комплекса характеризуются высоким содержанием ионов хлора (в среднем около $2,2 \text{ г/дм}^3$) и натрия (около $1,3 \text{ г/дм}^3$) и минерализацией от $3,5$ до 5 г/дм^3 . Заполнение трещин минерализованными водами способствует протеканию диффузионно-осмотических процессов между фильтрующей водой и пористыми блоками при отсутствии набухания глин. В результате обменных реакций происходит замещение ионов кальция и магния диффузионного слоя глин на ионы натрия, что способствует диспергированию породы и повышению степени её гидрофильности. По результатам лабораторных исследований установлено, что действие хлоридно-натриевых растворов с минерализацией $3,8 \text{ г/дм}^3$ переводит верхнекотлинские глины в квазипластичное состояние ($\varphi=0, \epsilon \neq 0$), при этом наблюдается снижение параметров прочности пород почти в два раза (табл.). Следует отметить, что в массиве прочность трещиноватых глин с учетом коэффициента структурного ослабления может уменьшаться в 2-2,5 раза.

Особенно следует остановиться на специфике влияния минерализованных хлоридных натриевых вод на конструкционные материалы обделок и гидроизоляции перегонных тоннелей. Постоянное увлажнение гидроизоляционной рубашки минерализованными хлоридными натриевыми водами способствует их прогрессирующему разрушению. Известно, что даже плотные бетоны при давлении более 3 атм. становятся диффузионно-проницаемыми для гидратированных ионов хлора и натрия.

Таблица

**Изменение параметров физико-механических свойств образцов
верхнекотлинских глин при их взаимодействии
с хлоридными натриевыми растворами**

Образцы глин	Плотность скелета, г/см ³	Влажность, %	Параметры сопротивления сдвигу	
			Сцепление, МПа	Угол внутр. трения, град.
До взаимодействия с жидкими средами	1,95	12,5	0,70	12
После взаимодействия с хлоридными натриевыми растворами		14,2	0,36	0-2
После взаимодействия с дистиллированной водой		14,7	0,34	0-2

Примечание: продолжительность опытов составила 375 дней.

Анализ химического состава водных вытяжек более, чем 100 проб, приготовленных из различных натечных форм и разрушенных конструктивных материалов, которые были отобраны в ходе обследования восьми перегонных тоннелей по четырем трассам глубокого заложения (вмещающая среда – верхнекотлинские отложения), показал, что почти во всех пробах отмечается высокое содержание хлоридов – до 112,0 г/дм³, натрия и калия – до 85,6 г/дм³. В пробах разрушенных железобетонных обделок часто фиксируются повышенные содержания кремниевой кислоты (до 0,3 г/дм³) и алюминия, что свидетельствует об интенсивном выщелачивании компонентов цементного камня. Во многих случаях наблюдались значительные концентрации сульфатов (до 34,5 г/дм³), которые связаны с разрушением и выносом гидросульфалюмината кальция из гидроизоляционного слоя, а также с деятельностью тионовых бактерий. Подтверждением активной микробной деятельности служат аномально высокие значения ХПК (до 17960 мгО₂/дм³) и БПК₅ (до 9114 мгО₂/дм³) в водных вытяжках.

Исследования, проведенные под руководством д.б.н. Д.Ю. Власова, показали, что видовой и родовой состав микроорганизмов-деструкторов довольно разнообразен [1]. Так, например, в пробах деградированных материалов по трассе «Елизаровская – Ломоносовская», проходящей под погребенной долиной, обнаружено более 60 видов микромицетов численностью до 1400 колониеобразующих единиц (КОЕ). Следует отметить, что уже через 2-3 месяца после выполнения ремонтных работ на этой трассе началось прогрессирующее разрушение обделки, при этом наибольшая интенсивность водопроявлений зафиксирована в пределах участков перегонных тоннелей с высокими значениями КОЕ (рис. 2).

В перегонных тоннелях под тальвегами глубоких палеодолин отмечается интенсивное разрушение чугуна тьюбингов, в котором активное участие принимают микроорганизмы, что доказывается формой его разрушения –

расслоением в результате процессов графитизации. Расслоенный чугун становится проницаемым для подземных вод, за счет чего происходит его обогащение хлоридными натриевыми солями. В пробах корродированного чугуна обращают на себя внимание высокие содержания хлоридов – до $4,3 \text{ г/дм}^3$, ионов натрия и калия – до $5,2 \text{ г/дм}^3$, а также сульфатов – до $2,73 \text{ г/дм}^3$ (перегонный тоннель «Черная речка – Пионерская»).

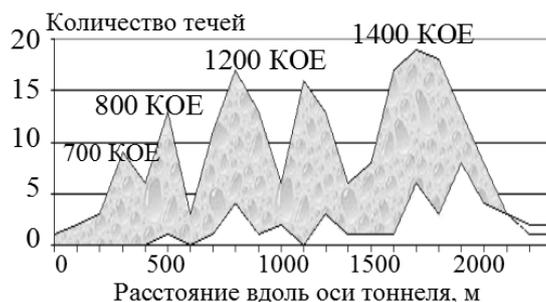


Рис. 2. Связь активности водопроявлений по трассе «Елизаровская – Ломоносовская» с количеством определенных групп микромицетов (КОЕ)

В настоящее время одну из наиболее актуальных задач повышения эксплуатационной надежности подземных транспортных сооружений Петербургского метрополитена составляет поиск и разработка эффективных способов защиты конструкционных материалов перегонных тоннелей от биокоррозии. К числу таких способов относится применение специальных биоцидных добавок при изготовлении гидроизоляционных (тампонажных) растворов, нагнетаемых за обделку тоннелей. Подбор таких добавок должен выполняться на основе экспериментального определения их эффективности в борьбе с конкретными микробиоценозами, отобранными с разрушенными конструкционных материалов. Гидроизоляция тоннелей на участках повышенной трещиноватости верхнекотлинских глин может быть обеспечена применением полимерцементных растворов с биоцидными компонентами, устойчивыми к воздействию минерализованных хлоридных натриевых вод вендского водоносного комплекса в условиях высокой микробиологической активности в подземном пространстве Санкт-Петербурга.

Литература

1. Дашко Р.Э. Геотехника и подземная микробиота / Р.Э. Дашко, Д.Ю. Власов, А.В. Шидловская. СПб.: Институт «ПИ Геореконструкция», 2014. 280 с.
2. Дашко Р.Э. Инженерно-геологические особенности коренных глин Санкт-Петербурга как среды для размещения подземных сооружений / Р.Э. Дашко, А.А. Еремеева // Инженерно-геологические проблемы урбанизированных территорий: Материалы Международного симпозиума. Т. 2. Екатеринбург: Изд-во «АКВА-ПРЕСС», 2001. С. 675-681.

ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ В ПРЕДЕЛАХ г. МОСКВЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ОТРАСЛЕВОЙ СИСТЕМЫ ОМСН (НА ПРИМЕРЕ «ВНИИХТ»)

Я.А. Егоров, А.Н. Чухлебов, Р.Д. Бондаренко, Ю.Б. Осипов

МГРИ-РГГРУ имени С. Орджоникидзе, 117997 Москва ул. Миклухо-Маклая д. 23.
E-mail: egorovyaroslav2012@yandex.ru

Под влиянием процессов, вызванных техногенным воздействием на геологическую среду, происходят изменения ее состояния, имеющие, как правило, негативный характер. Для предупреждения таких изменений необходимо постоянное наблюдение за развитием природных и техногенных процессов, обобщение и анализ результатов этих наблюдений, выполнение прогнозных расчетов изменения состояния геологической среды, то есть организация системы объектного мониторинга состояния недр (далее ОМСН). Наибольшему влиянию подвержены подземные воды.

Мониторинг состояния подземных вод в районе урбанизированных территорий, где расположены потенциально опасные предприятия, развит слабо, поскольку считается, что недра являются естественным защитным барьером и в зависимости от разреза обладают очищающими функциями, предохраняя экосистемы от распространения загрязнения, масштабы которого увеличиваются с ростом производства, износом коммуникаций, а также освоением новых территорий.

Таким образом, мониторинг состояния недр в районе урбанизированных территорий, где располагаются потенциально опасные предприятия, с каждым годом приобретает все более актуальное значение.

Актуальность также обусловлена, требованиями Федерального Закона № 331-ФЗ от 21.11.2011 г., а также необходимостью практической реализации экологической политики государства, направленной на снижение и ликвидацию негативного воздействия объектов ядерного наследия и текущей деятельности предприятий на окружающую среду, в том числе и на недра.

Предприятия ядерного топливного цикла, к которым относится ОАО «ВНИИХТ», имеет высокий уровень экологической безопасности, но, несмотря на это, оказывает различное воздействие на окружающую среду, в том числе и на подземные воды, поэтому на нём осуществляется постоянный контроль при помощи существующей на предприятии системы ОМСН.

ОАО «ВНИИХТ» является головным предприятием атомной отрасли по разработке технологий извлечения урана и тория из руд, изготовления металлического урана, оксидов, фторидов (включая гексафторид урана), переработке минерального сырья, содержащего редкие, цветные рассеянные, радиоактивные, благородные редкоземельные и щелочноземельные металлы с получением чистых соединений. Для решения отраслевых задач ВНИИХТ, имеет ряд ядерно- и радиационноопасных объектов (далее ЯРОО).

Предприятие располагается на 2-х площадках в городе Москва: ОАО «ВНИИХТ» – на юге; Опытно-химический завод (ОХТЗ), филиал ОАО «ВНИИХТ» – на севере [4].

На предприятии выполняются наблюдения за радиационным состоянием, химическим составом и гидродинамическим режимом подземных вод.

Режимные наблюдения осуществляются по наблюдательной сети, состоящей из 6 скважин находящихся на территории ОХТЗ, сгруппированных в три ярусных куста.

Половина скважин глубиной 6,1-9,4 м оборудована на первый от поверхности водоносный горизонт; другая половина скважин глубиной 18-21,8 м – на нижележащий водоносный горизонт. Скважины в количестве 4 штук располагаются ниже по потоку подземных вод от ЯРОО, 2 скважины – в пределах условно фоновой территории.

По данным наблюдений уровень грунтовых вод на промплощадке залегает на глубине от 0,2-2,8 м от поверхности земли, что свидетельствует о возможности подтопления заглубленных частей производственных зданий и помещений.

По результатам ОМСН за 2013-2014 гг. $\Sigma\alpha$ -активность подземных вод была $\leq 0,01-0,21$ Бк/кг, $\Sigma\beta$ -активность – $\leq 0,1-0,3$ Бк/кг, и в целом соответствовала нормативам радиационной безопасности для питьевых вод (0,2 Бк/кг и 1,0 Бк/кг соответственно). Незначительное превышение норматива по $\Sigma\alpha$ -активности в воде второго от поверхности водоносного горизонта обусловлено изотопами ^{238}U и ^{234}U , удельные активности которых на порядок ниже уровня вмешательства. Радиационного воздействия объектов промплощадки ОХТЗ на состояние подземных вод не наблюдается.

На площадке ОХТЗ в 2013 г. отмечалось химическое загрязнение первого от поверхности водоносного горизонта: на участке строения № 17 – по сульфат-иону (до 1,9 ПДК), на участке строения № 22 – по иону аммония (до 1,9 ПДК). При этом отмечалась тенденция роста концентрации сульфат-иона в грунтовых водах. На обоих участках также фиксировалось повышенное содержание сухого остатка (до 1,2-1,9 ПДК) в воде наблюдательных скважин [2].

Существующая на предприятии система мониторинга базируется на 3-х основных принципах:

1) должна удовлетворять общепринятым критериям «системы»: открытость, иерархичность структуры, терминологическая определенность, взаимосвязь элементов, единство методологии и целостность;

2) должна быть методологически обоснованной, обеспечивать получение объективной информации о состоянии недр;

3) система должна быть экономически оптимальной

Также существующая система мониторинга опирается на нижеследующие основополагающие положения:

1. Необходимо определить индикаторы загрязнения недр, под которые должна создаваться система ОМСН.

2. Система ОМСН должна быть модельно ориентированной.

3. Подземные воды рассматриваются как основной переносчик загрязнителей в недрах, а через них и в открытую гидрографическую сеть.

4. Система ОМСН должна рассматриваться как динамичная, постоянно действующая и совершенствующаяся система в зависимости от изменяющихся условий эксплуатации объекта, изменения геолого-гидрогеологических условий, характеристик и степени загрязнения недр [1].

Каждое из этих положений определяет требования как к построению собственно системы ОМСН, так и степени инженерно-геологической изученности участка расположения ЯРОО, без которой разработка системы наблюдения невозможна.

Опираясь на базовые принципы и основополагающие положения, методически грамотно организованная система мониторинга позволяет решать следующие задачи:

- 1) получать регулярную информацию о состоянии недр, с целью предотвращения негативных последствий;
- 2) определять пространственно-временное распределение в зоне объекта мониторинга различных видов воздействия на недра;
- 3) оценивать состояние недр в зоне наблюдения;
- 4) разрабатывать модель процессов воздействующих на природную среду в районе объекта мониторинга;
- 5) разрабатывать имитационную (физическую и математическую) модель процессов протекающих в недрах;
- 6) прогнозировать изменение состояния недр;
- 7) разрабатывать рекомендации по природоохранным мероприятиям и оценки их эффективности [3, 5].

Литература

1. Глинский М.Л., Чертков Л.Г. и др. Методические рекомендации по ведению объектного мониторинга состояния недр на предприятиях Государственной корпорации «Росатом». М., Центр содействия социально-экологическим инициативам атомной отрасли, 2010.
2. Кочергина Н.В., Лопатина А.А., Лазарева Е.А. Методологическое сопровождение объектного мониторинга состояния недр на 11-ти предприятиях, включенных в систему ОМСН в предыдущих. ОАО «ВНИИХТ». М.: ФГУГП «Гидроспецгеология», 2014.
3. Нормативные материалы по ведению объектного мониторинга состояния недр на предприятиях и в организациях Государственной корпорации «Росатом». М.: Центр содействия социально-экологическим инициативам атомной отрасли, 2010.
4. Роцин А.Ю., Кочергина Н.В. и др. Исследование особенностей состояния недр в 5 репрезентативных точках на территории 3-х площадок ФГУП НПО «РИ» и 10 точках на 2-х площадках ОАО «ВНИИХТ». М.: ФГУГП «Гидроспецгеология», 2011.
5. Глинский М. Л., Глаголев А. В., Дрожко Е. Г. и др. Методические рекомендации по составлению и оформлению программы ведения объектного мониторинга состояния недр на предприятиях и в организациях Госкорпорации «Росатом». М.: ФГУГП «Гидроспецгеология», 2011.

О ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ РАЗВИТИЯ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ г. БЕРЕЗНИКИ

В.П. Зверев, И.А. Костикова

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Уланский пер, 13, стр. 2, Москва, 101000.
Email: zverev@geoenv.ru

Под экзогенными геологическими процессами понимается все многообразие геологических процессов, реализуемых в поверхностных и приповерхностных частях литосферы под влиянием внешних факторов. Все они протекают в условиях постоянного присутствия жидкой фазы – подземных вод верхних частей земной коры, а также речных паводковых и меженных вод. По существу, все экзогенные процессы начинаются с взаимодействия в системе вода-порода, как на поверхности Земли, так и в зонах аэрации в условиях трехфазной системы (газ – вода – порода) и распространения подземных вод зоны активного водообмена, характеризующихся низкой минерализацией и высокими скоростями движения (10^{-2} – 10^{-3} см/с). Это взаимодействие приводит к преобразованию минералогического состава пород под влиянием водных растворов и биогеохимической деятельности и, в конечном итоге, – к изменению их физических свойств: плотности, проницаемости, прочности и т.д. Все это подготавливает породу к развитию большинства экзогенных геологических процессов, и в первую очередь, карста, который полностью определяется взаимодействием воды с такими хорошо растворимыми горными породами как галит, сульфаты и карбонаты, что весьма актуально и для района г. Березники, где экзогенные процессы во многом стимулируются и техногенной деятельностью [5].

Химический состав подземных вод, контролирующий экзогенные процессы в толще горных пород района Березников, в современную эпоху весьма изменчив как в пространстве, так и во времени, что связано с разработкой калийных месторождений и техногенными авариями

Взаимодействие подземных вод с горными породами во многом контролирующее развитие экзогенных процессов, имеет весьма сложный многоступенчатый характер. Несомненно, что большинство процессов, связанных с выветриванием горных пород, – это целая серия реакций, происходящих с участием в основном гравитационных подземных вод [4]. В результате их реализации образуются мощные выветрелые толщи, которые в районе Березников представлены в основном глубоко переработанными породами терригенно-карбонатной толщи. Несомненно, что в определенной мере взаимодействию с подземными водами были подвержены и породы соляно-мергельной толщи, также измененные в результате процессов достаточно глубокого химического выветривания.

Для того, чтобы судить о направленности процессов взаимодействия между жидкой и твердой фазами и определить наиболее вероятные продукты

этого преобразования, использованы методы термодинамического анализа. Подобный подход к изучению физико-химической эволюции природных систем в гипергенных условиях исходит из принципа парциального или частичного равновесия, справедливость которых для таких неравновесных процессов как химическое выветривание и гипергенез подтверждена Р. Гаррелсом и Ч. Крайстом [1] и многими другими исследователями путем проверки теоретических моделей на конкретных природных объектах. Ими установлено, что методы равновесной термодинамики дают возможность изучать пути необратимой эволюции природного минералообразования.

Взаимодействие между горными породами и природными водами, которое направлено на изменение минерального вещества, можно рассматривать как отдельные химические реакции. Начальные продукты этих реакций – какие-либо определенные минералы и вода, конечные – минералы, возникающие как продукт изменения первых, и ионы, а также нейтральные молекулы, перешедшие в результате взаимодействия в жидкую фазу, или, если начальное минеральное вещество полностью перешло в водный раствор, только последние.

Для изучения равновесно-неравновесного состояния между подземными водами и растворимыми порообразующими минералами была применена, любезно предоставленная американским коллегой Ю. Караккой, основанная на методах равновесной термодинамики, компьютерная термодинамическая программа SOLMINEQ. 88 [6], использующая в качестве исходных данных моделирования результаты химического анализа воды в виде аналитических концентраций (в мг/л), величину рН, стандартную величину температуры (25°C) и стандартное давление (1 бар). Были рассчитаны степени насыщения подземных вод к интересующим нас твердым фазам (кальцит, гипс, галит). Под степенью насыщения понимается логарифм отношения произведений активностей соответствующих данному минералу свободных ионов в растворе (AP) к величине его термодинамического произведения растворимости (КТ). Если $\lg AP/КТ < 0$, то раствор ненасыщен, если $\lg AP/КТ > 0$, то раствор насыщен или пересыщен по отношению к рассматриваемому минералу.

Исходя из геохимических особенностей терригенно-карбонатной и соляно-мергельных толщ, перекрывающих каменную соль и карналиты, оценка степени неравновесности подземных вод терригенно-карбонатной толщи выполнена для системы природный водный раствор – минеральное вещество горных пород, представленных следующими минералами: кальцитом (CaCO_3), доломитом ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), гипсом ($\text{CaMgSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и галитом (NaCl). Данные о химическом составе подземных вод брались по данным ГИ УРО РАН. Результаты оценки приведены в таблице.

Положительное значение индекса неравновесности показывает, что система «подземная вода (охарактеризованная химическим анализом) – определенный минерал» находится в состоянии равновесия, и чем выше значения индекса, тем в более пересыщенном состоянии по отношению к нему находится раствор.

Отрицательное значение индекса неравновесности показывает, что рассматриваемая система вода–минерал неравновесна, т.е. возможно растворение минерала.

Результаты термодинамического анализа однозначно показывают, что гипс и галит, за весь проанализированный период во всех рассматриваемых скважинах, не равновесны с подземными водами терригенно-карбонатной толщи, которые в основном равновесны с кальцитом (таблица).

Таблица

Индекс неравновесности подземных вод терригенно-карбонатной толщи с кальцитом, гипсом и галитом

Скважина и глубина, м	Дата отбора	Минерализация, мг/л	Индекс неравновесности минералов $\log AP/KT$		
			Кальцит	Гипс	Галит
Скв. 23иг 50 м	26.12.11	870	0.695	-1.480	-6.253
	18.01.12	1025	-0.205	-1.444	-6.068
	26.03.12	839	0.865	-1.442	-6.397
	24.07.12	506	-0.584	-2.202	-7.738
	19.09.12	503	-0.113	-1.654	-7.714
Скв. 160г 45м.	17.12.10	5210	0.113	-0.952	-4.175
	14.11.11	16904	-2.263	-0.807	-3.207
	17.01.12	8104	0.496	-0.794	-3.794
	21.03.12	8560	0.002	-0.711	-3.766
	18.07.12	8791	0.053	-1.057	-5.073
	22.08.12	10874	0.373	-0.641	-3.589
	11.09.12	11170	0.363	-0.647	-3.556

Рассмотрим некоторые особенности этого на примере отдельных скважин. Термодинамическое моделирование подземных вод скв. 160г выполнено для проб, отобранных за период с 17.12.2010 до 15.10.2012, т.е. за два года, показывает, что в отдельные периоды (17.12.10 и 18.07.12) на глубине 45 м степень неравновесности подземных вод по отношению к гипсу и галиту была на порядок выше средних значений.

Менее выражено изменение степени неравновесности подземных вод по отношению к карбонатам. Исключения в этом составляют результаты термодинамического моделирования для проб, отобранных с глубины 45 м 14.11.11, т.е. накануне второго провала. Согласно результатам, подземные воды высоко не равновесны с кальцитом, что можно объяснить подъемом минерализованных вод в процессе подготовки массива горных пород к провалу. Для скв. с-5 на время, предшествующее возникновению провалов подземные воды на глубине 12,5 м не равновесны с кальцитом, так же, как и в пробах, отобранных в скважинах, расположенных непосредственно вблизи провала 2007 г.– рс – 1, 2 и 3. По-видимому, примыкающие к провалам неравновесные к карбонатам подземные воды неглубоких горизонтов способствуют разуплотнению терригенно-карбонатных пород и расширению площади воронки на поверхности.

Оценка равновесно-неравновесного состояния подземных вод с карбонатными породами для скважин, находящихся вне зоны развития провалов, достаточно неоднозначна, как в пространстве, так и во времени. Каких-либо закономерностей в изменении равновесно-неравновесного состояния подземных вод с ними выявить не удастся. По-видимому, на отдельных участках территории Березников в современное время возможно выщелачивание карбонатных пород, интенсивность которого обуславливается степенью их дезинтегрирования и скоростями движения контактирующих с ними подземных вод, но вряд ли они могут представлять серьезную инженерно-геологическую опасность

Соликамская впадина, входящая в состав Предуральского краевого прогиба, возникла в пермское время на востоке Русской платформы в результате надвигания на нее Уральской островной дуги. По палеогеологическим реконструкциям северные и центральные участки прогиба в это время находились приблизительно на 25-30° северной широты в пустынном поясе, что и обусловило образование мощных соленосных, в том числе и калийных толщ в существовавшем тогда западнее Урала в полузамкнутом узком морском бассейне.

В поздней перми на всей территории Урала уже существовала молодая складчатая система, подвергавшаяся умеренной денудации, в результате чего в Предуральском краевоm прогибе отложения этого возраста представлены континентальными фациями. В мезозое и кайнозое рассматриваемая территория была сушей. На месте Восточно-Русской впадины, существовавшей в позднем палеозое, возникло устойчивое поднятие, которое в конце позднего мела охватило всю Восточно-Европейскую платформу. В дальнейшем под влиянием денудации оно разрушалось, формируя обширные поверхности выравнивания. К концу палеогена и на месте Урала образовалась равнина-пенеплен, более приподнятая в западной части.

Несомненно, что развитие экзогенных процессов в рассматриваемом регионе тесным образом связано с историей формирования долины р. Кама, которой в неогене предшествовала палеоКама, а в плейстоцене – праКама. Обе прареки разработали глубокие долины глубиной более 100 м и шириной по верхней бровке до 2-3 км. Позднее эти долины оказались погребенными. Несомненно, что столь глубокие базисы дренирования способствовали масштабной разгрузке подземных вод и развитию активных процессов преобразованию горных пород.

Взаимодействие подземных вод с горными породами имеет весьма сложный многоступенчатый характер. Несомненно, что большинство процессов, связанных с выветриванием горных пород – это целая серия реакций, происходящих с участием в основном гравитационных подземных вод [4]. В результате их реализации образуются мощные выветренные толщи, которые в районе Березников представлены в основном глубоко переработанными породами терригенно-карбонатной толщи. Несомненно, что в определенной мере взаимодействию с подземными водами были подвержены и породы

соляно-мергельной толщи, так же измененные в результате процессов достаточно глубокого химического выветривания.

В результате взаимодействия подземных вод с минеральным веществом горных пород в жидкую фазу переходит существенная часть химических компонентов, масса которых и определяет состав подземных вод, находящихся в постоянной направленной фильтрации и в конечном итоге поступающих в основные дрены района. В нашем случае ранее в Каму, а в последние годы в Камское водохранилище. В итоге происходит изменение горных пород – их химическое выветривание, что в значительной мере определяет и активизирует процессы механического разрушения пород и развитию карстовых процессов.

Количественно интенсивность химического выветривания оценивается массой химических элементов выносимых подземными водами за единицу времени. Для Соликамской впадины подобная оценка, выполненная ранее [2, 3], показывает, что суммарный модуль массопотока химических элементов здесь составляет $106,7 \cdot 10^6$ г/год·км², из которых $51,7 \cdot 10^6$ приходится на Cl и $29,6 \cdot 10^6$ г/год·км² на Na, что примерно на порядок выше чем в бассейне Верхней Камы в устье Вишеры.

Естественно, что в современных измененных антропогенно-техногенной деятельностью условиях химическое выветривание существенно возрастает, и во многом может изменить природные процессы, значительно активизировав скорость их реализации. Его оценка должна быть выполнена как на период до начала развития провальных экзогенных процессов на территории Березняков, так и на современном этапе, когда их активность возрастает в несколько раз, если не на порядок.

Для выполнения поставленных задач должен быть задействован обширный фактический материал на весь период эксплуатации месторождений с его начала подготовки и до настоящего времени. Несомненно, что основная масса подземных вод соляно-мергельной толщи дренируется глубоко врезанной долиной р. Камы.

Литература

1. *Гаррелс Р.М., Крайст Ч.Л.* Растворы, минералы, равновесия. М.: Мир, 1968. 368 с.
2. *Зверев В.П.* Гидрогеохимические исследования системы гипсы–подземные воды. М.: Наука, 1967. 99 с.
3. *Зверев В.П.* Массопотоки подземной гидросферы М.: Наука, 1999. 97 с.
4. *Зверев В.П.* Подземные воды земной коры и геологические процессы. 2-е изд. М.: Научный мир. 2007. 256 с.
5. *Осинов В.И., Зверев В.П., Костикова И.А., Мамаев Ю.А.* О гидрогеохимических особенностях взаимодействия воды и пород в Верхнекамском соленосном бассейне // Геозкология. 2014. № 5. С. 402-407.
6. *Perkins E.H., Kharaka Y.K., Gunter W.D. and Debrael J.D.* Geochemical modeling of water-rock interaction using SOLMIEQ 88 // ACS Symposium series. 1990. № 416. P. 117-127.

ВЛИЯНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Н.А. Ларионова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы, дом 1.
E-mail: nin.larionowa@yandex.ru

Техногенное воздействие промышленности на экологическую ситуацию в стране приобретает решающее значение, в том числе и в преобразовании подземной гидросферы. Существенные изменения в подземной гидросфере происходят в районах деятельности нефтехимических, химических, горнодобывающих предприятий, в пределах городских агломераций. Значительный вклад в этот процесс вносят целлюлозно-бумажная промышленность. По воздействию на окружающую среду эта отрасль промышленности является одной из проблемных по загрязнению всех компонентов окружающей среды, в том числе по величине выбросов в атмосферу, сбросов загрязненных стоков, накопленных промышленных отходов.

Целлюлозно-бумажная промышленность относится к ведущим отраслям народного хозяйства. Это сложная отрасль промышленности, связанная с обработкой и химической переработкой древесины по выпуску различной продукции в виде волокнистых полуфабрикатов, целлюлозы, бумажно-картонных изделий. Кроме того, на комбинатах производятся и побочные продукты отрасли – кормовые дрожжи, канифоль, скипидар, жирные кислоты и другие вещества. Эта отрасль промышленности отличается большой материалоемкостью, водо- и электропотреблением. Так, для получения 1 т целлюлозы необходимо 5-6 м³ древесины, около 350 м³ воды и (в среднем) 2000 кВт·ч электроэнергии. Ежегодное потребление воды составляет 2,0-2,1 млрд. м³ или около 5% общего потребления промышленности России. Это обусловлено в большей степени отсутствием на многих комбинатах водооборотной системы. Многие специалисты придерживаются мнения, что применение водооборотной системы в технологии не всегда приемлемо. Экономия свежей воды в отрасли относительно небольшая и не превышает 66-73%.

На примере Байкальского ЦБК, который в разные периоды работал неравномерно, в связи с его перепрофилированием, рассмотрено влияние целлюлозно-бумажной промышленности на загрязнение окружающей среды, в том числе и гидросферы.

Интенсивность воздействия ЦБК на загрязнение окружающей среды, в том числе и подземных вод, обусловлено многими факторами: мощностью предприятия и количеством выпускаемой продукции, используемой технологии, техническим уровнем основных технологических процессов и оборудования, стабильности функционирования предприятия, внедрением новых технологий на производстве, проведением мероприятий по модернизации

оборудования, наличия современных очистных сооружений. Это наглядно прослеживается на примере Байкальского ЦБК (табл. 1).

Объемы выбросов дымовых газов в атмосферу, сбросов сточных вод специфического состава и накапливаемых промышленных отходов также определяются мощностью предприятия. Мощность предприятия БЦБК и объем выпускаемой продукции изменялись в различные годы, в связи с его пере-профилированием, в связи с этим изменялись объемы сточных вод и промышленных отходов. Так, в 2009 г. на БЦБК продукция не вырабатывалась, а в 2010 г. комбинат работал в течение 7 месяцев, что приводило к значительным изменениям объемов выпускаемой товарной целлюлозы (табл. 1).

Таблица 1

Производство товарной целлюлозы Байкальским ЦБК в 2004-2011 гг. [3]

Выпускаемая продукция	Производство товарной целлюлозы, тонны				
	2004	2006	2008	2010	2011
Продолжительность работы БЦБК, мес.	12	12	9	7	12
Товарная целлюлоза	165822	180872	137898	29065	59800
в т.ч. беленая целлюлоза	82564	73370	55162	23307	59000
небеленая целлюлоза	77571	104765	72714	0	800

Интенсивное загрязнение подземных вод отмечалось в зоне влияния Байкальского ЦБК. Основными объектами загрязнения являлись производственная площадка комбината, карты-накопители шлам-лигнина и золошламотвалы ТЭЦ на участке «Бабха» [1, 2].

За более чем сорокалетнюю деятельность под промплощадкой предприятия сформировался купол загрязненных подземных вод с естественным дренажем в сторону озера Байкал. В 1989 г. по контрольно-наблюдательным скважинам отмечалось химическое и термальное загрязнение подземных вод. Их минерализация в очаге загрязнения достигала 9000 мг/л, а температура – 40⁰С [2].

Грунтовые воды под промплощадкой комбината были загрязнены минеральными и органическими веществами. Максимально загрязненными отличались воды под отбельным цехом, что свидетельствует об утечках из коммуникаций. В составе грунтовых вод присутствовали хлориды (до 103,6 мг/л), взвешенные вещества (35,6 мг/л), гидрокарбонаты (405,8 мг/л).

В 2007 г. по сравнению с 2006 г. качество подземных вод на этих участках ухудшилось, возросли показатели ХПК (до 27,21 мгО/л, т.е. на 52%). Увеличилось содержание хлоридов до 62,85 мг/л (на 679%), аммония до 0,57 мг/л (на 104%), нитратов до 0,89 мг/л (на 233%), органического фосфора до 0,017 мг/л (на 89%). Несколько сократилось содержание взвешенных веществ до 17,35 мг/л (на 58%), растворенного кислорода на 91%, перманганатной окисляемости на 51%, сульфатов до 15,3 мг/л (на 85%), фосфора минерального и СПАВ на 100% [2].

С целью локализации очага загрязнения с 2000 г. действует защитный водозабор из 8 скважин с подачей 2-2,2 тыс. м³/сут откачиваемой воды на очистные сооружения. Площадь очага загрязнения за период работы водозабора значительно сократилась, однако концентрация основных загрязнителей (формальдегид, фенолы, алюминий, сульфатное мыло, окисляемость, цветность, ХПК) в пределах очага остается достаточно высокой (2,5-9,0 ПДК). Кроме химического загрязнения подземных вод отмечался ореол с повышенной температурой.

При сбросе сточных вод общая минерализация подземных вод в пределах площадки комбината составляла 4,86 г/л, в прибрежной зоне озера Байкал – 1,34 г/л. Отмечалось повышение содержания сульфатов до 560 мг/л, нефтепродуктов до 0,35 мг/л [2,3].

По результатам наблюдений за 2010 г. отмечается ухудшение качества подземных вод по некоторым показателям по сравнению с 2009 г. (табл. 2).

Таблица 2

Содержание загрязняющих веществ в подземных водах БЦБК [2]

Показатели загрязненных вод	2009 г.	2010 г.
Сухой остаток	3,76 г/л (3 ПДК)	4,1 г/л (4 ПДК)
ХПК	164 мг/л (17 ПДК)	476 мг/л (48 ПДК)
Сульфаты	742 мг/л (1,5 ПДК)	1193 мг/л (2,4 ПДК)
Окисляемость перманганатная	303 мгО/л (61 ПДК)	344 мгО/л (69 ПДК)
Лигнин	138 мг/л (27 ПДК)	145 мг/л (29 ПДК)
Нефтепродукты	130 мг/л (130 ПДК)	150 ПДК
Цветность	125 ПДК	137 ПДК
Алюминий	6,5 ПДК	7,0 ПДК

В период с 2010 по 2011 г., в результате построенного линейного водозабора по перехвату загрязненных подземных вод, было извлечено около 8600000 м³ загрязненных подземных вод, которые могли поступить в озеро Байкал. Средний дебит водозабора в 2011 г. составил 2370 м³/сут. Понижение уровня воды в скважинах – около 3 м. Контроль качества подземных вод проводился по 13 наблюдательным скважинам, из которых пять, расположены непосредственно на берегу озера. Но, несмотря на это, в береговой зоне озера Байкал состояние подземных вод остается неудовлетворительным. Максимальная величина сухого остатка (3,29 г/л) за весь период наблюдений отмечена по скважине 6-н. Увеличение показателей сухого остатка (872-1726 мг/л) наблюдалось в водных пробах в двух береговых скважинах. При этом ХПК достигало 63 мг/л (ПДК), цветность воды – 31 ПДК, окисляемость перманганатная – 82,5 мгО/л [2].

В 2011 г. в береговых наблюдательных скважинах были отмечены повышенные показатели сухого остатка до 2 ПДК, содержания нефтепродуктов и формальдегида до 3 ПДК; алюминия и ХПК – до 6 ПДК, показателя перманганатной окисляемости до 16 ПДК и цветности до 26 ПДК [3]. На участке

перехватывающего водозабора в подземных водах зафиксированы следующие показатели: сухой остаток – до 2-5 ПДК; нефтепродукты – до 6 ПДК; алюминий – до 10 ПДК; формальдегид – до 30 ПДК; лигнин – до 38 ПДК; железо – до 48 ПДК; перманганатная окисляемость – до 52 ПДК; ХПК – до 67 ПДК; цветность до 293 ПДК. В декабре 2011 г. после чистки скважин (при неработающем водозаборе) содержание лигнина увеличилось до 449 мг/л (90 ПДК), цветность – до 9,6 г/л (9,6 ПДК). Температура подземных вод на берегу озера Байкал оставалась повышенной (12-15⁰С при фоне 4⁰С) [3].

При общей ширине участка загрязнения подземных вод 500 м и расстоянии до озера Байкал в среднем 300 м водозабор перехватывает поток загрязненных подземных вод шириной 130 м.

Площадь загрязнения подземных вод зависит от интенсивности питания атмосферными осадками. Чем больше интенсивность питания, тем выше концентрация загрязняющих веществ. Это обусловлено поступлением техногенных веществ с атмосферными осадками, инфильтрующимися через загрязненные грунты зоны аэрации. Значительный вклад в загрязнение подземных вод вносит поверхностное загрязнение грунтов.

Большой объем сточных вод, образующихся на комбинате, и высокая концентрация в них загрязняющих веществ вызывает необходимость использования громоздких очистных сооружений, на которых образуется значительное количество осадков. Основная их часть поступает в накопители, что приводит к их перегрузке.

Основными твердыми отходами целлюлозно-бумажной промышленности наряду с отходами древесно-подготовительных лесопильных и фанерных производств являются шлам-лигнины. Объемы их образования и накопления определяются теми же факторами, влияющими на мощность предприятия и объемы вырабатываемой продукции. В зависимости от продолжительности работы комбината объемы образующихся отходов изменились во времени (табл. 3).

Таблица 3
Образование отходов на ОАО «Байкальский ЦБК» в 2003-2010 г.г. [2]

Наименование показателя	Количество отходов по годам, тыс. тонн					
	2003	2005	2006	2007	2008	2010
Продолжительность работы, мес.	12	12	12	12	9	12
Образовалось отходов	152,32	121,58	145,58	150,06	136,68	42,38
Захоронено в установленных местах	70,263	62,39	103,96	н.д.	н.д.	97,43

В 2009 г., несмотря на то, что предприятие не осуществляло производство целлюлозы, образовалось 15,746 тыс. т отходов, преимущественно в виде золы и шлака от сжигаемого угля на ТЭЦ, обеспечивающей потребности

электроэнергией и теплом не только комбинат, но и г. Байкальск. Отходы IV и V классов опасности в виде золошлаков от сжигания углей, золы от сжигания осадка сточных вод, отходы целлюлозного волокна утилизировались на предприятии, откачивались на золошлакоотвал предприятия [3].

Для складирования накопленных за период эксплуатации комбината отходов задействованы две площадки суммарной площадью 154 га. Одна площадка предназначена под накопитель шлам-лигнина общей площадью 118,9 га. Накопители расположены на участке по берегам реки Большая Сосновка: на левом берегу в 0,75 км, а на правом – в 0,35 км от озера Байкал. Шлам-лигнин накапливался в жидком виде. Вторая площадка отведена под золошлакоотвалы. Ее площадь составляет 23,6 га. На этих площадках расположены как действующие, так и выведенные из эксплуатации карты-накопители шлам-лигнина. Суммарная масса накопленных промышленных отходов превышает 6 млн. тонн [2,3]. Атмосферные осадки, фильтруясь через толщу отходов, выщелачивают водорастворимые вещества, которые впоследствии поступают в подземные воды и загрязняют их. Вблизи накопителей отходов в подземных водах отмечены высокие показатели жесткости, перманганатной окисляемости и ХПК.

В 2011 г. в районе накопителей промышленных отходов по наблюдательным скважинам отмечались превышения в подземных водах по железу (до 4 ПДК), значениям ХПК (до 3 ПДК) и окисляемости (до 2,5 ПДК). Сухой остаток воды в скважинах, расположенных ниже по потоку от карт шлам-лигнина, повысился в сравнении с 2010 г. в два раза и достигал 0,6-0,75 г/л [3]. На участке золошлакоотвалов в 2011 г. отмечались высокие показатели ХПК (12-16 ПДК), повышена до ПДК перманганатная окисляемость.

Необходимо подчеркнуть, что загрязнение подземных вод не ограничивается только площадью промпредприятий и хранилищ отходов, а распространяются вниз по течению потока на расстояние до 20-30 км и более от источника загрязнения. Экологическая ситуация в районе ухудшается в результате совместного, комплексного воздействия нескольких сближенных предприятий и накопителей промышленных отходов. Это создает реальную угрозу для питьевого водоснабжения в этих районах.

Литература

1. Государственный доклад “О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2009 году”. Иркутск: Сибирский филиал ФГУНПП “Росгеолфонд”, 2011. – 421 с.
2. Государственный доклад “О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2010 году”. Иркутск: Сибирский филиал ФГУНПП “Росгеолфонд”, 2012. – 409 с.
3. Государственный доклад “О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2011 году”. Иркутск: Сибирский филиал ФГУНПП “Росгеолфонд”, 2012. – 417 с.

ЗОЛОТВАЛЫ – ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Н.А. Ларионова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы, д. 1.
E-mail: nin.larionowa@yandex.ru

В настоящее время на территории Российской Федерации обостряется проблема загрязнения окружающей среды в результате деятельности промышленных предприятий. Эта проблема характерна для многих промышленных регионов. Существенный вклад в загрязнение окружающей среды вносят энергетические предприятия за счет газопылевых выбросов, сброса сточных вод и накопителей промышленных отходов.

Загрязнение атмосферы за счет газопылевых выбросов приводит к загрязнению почв и, опосредованно, подземных вод на больших площадях. Систематическое выпадение загрязняющих веществ с атмосферными осадками приводит к постепенному накоплению веществ антропогенного происхождения в подземных водах, что способствует изменению их химического состава. Значительная масса загрязняющих веществ с поверхности почв попадает в горизонт грунтовых вод. В нем аккумулируются и трансформируются загрязняющие вещества и, в дальнейшем поступают в более глубокие горизонты.

Наибольшие изменения подземных вод возникают на участках складирования отходов ТЭС, ТЭЦ и ГРЭС, которые зачастую располагаются в черте города. При сжигании на ТЭС твердого топлива образуется большое количество золошлаковых отходов (ЗШО). Их объемы зависят от вида, качества и количества используемого твердого топлива, мощности электростанций, технологии его сжигания. Так, при сжигании каменных углей удельные показатели образования ЗШО составляют 360-500 кг/т угля, при использовании сланцев – 550-570 кг/т сланца. На некоторых ТЭС выход золы и шлака превышает 1 млн. т в год, но имеются станции, сжигающие многозольные угли, с выходом ЗШО до 5 млн. т в год. В настоящее время выход золы и шлака в России на ТЭС превышает 100 млн. т в год. В отвалах накоплено около 1,2 млрд. т золошлаков. Чаще на ТЭС и ГРЭС применяется гидромеханический способ удаления золошлаковых материалов. Продукты сгорания топлива транспортируются на золоотвал в виде пульпы по трубопроводам при разных соотношениях золы и воды. Золоотвалы – это ответственные гидротехнические сооружения, намываемые из золошлакового материала в процессе его складирования, и в технологической цепи энергетических комплексов являются важным звеном функционирования ТЭС и ГРЭС, обеспечивающих складирование большого количества золошлаковых отходов. При “мокрой” технологии намыва отмечается большое водопотребление. В среднем ежегодный расход воды составляет около 18 млн. м³, что, соответственно, увеличивает объем сброса сточных вод.

Золоотвалы занимают достаточно большие площади. Их величина зависит от мощности станции, вида, качества и расхода используемого топлива, а также от предполагаемого годового выхода золошлаковых материалов. В настоящее время площадь золоотвалов достигает 22 тыс. га. Так, у крупнейшей станции Рефтинской ГРЭС, электрической мощности 3800 МВт, площадь золоотвалов составляет 1008 га. На некоторых станциях с увеличением их мощности площадь отвалов через каждые 5 лет увеличивается на 50 га. Чем больше площадь золоотвалов, тем больше территория, подвергающаяся загрязнению. Золоотвалы со временем становятся компонентами природной среды, а содержащиеся в них воды – компонентами подземной составляющей гидросферы [3].

Значительные изменения качества подземных вод отмечаются вблизи золоотвалов в результате инфильтрации сточных вод из этих накопителей. В связи с применением замкнутого цикла водоснабжения системы гидроудаления несколько снижается количество сбрасываемых сточных вод, но в то же время способствует образованию вод повышенной минерализации. При взаимодействии золошлакового материала с водой происходит выщелачивание растворимых веществ, и после 6-7 контактов золы с водой ее минерализация достигает 6 г/л [1].

Основной водоносный горизонт золоотвалов представляет золошлаковая толща. Складированные на золоотвалах золы, полученные при сжигании Канско-Ачинских углей, характеризуются высоким содержанием извести. Гидратация содержащихся в золе свободных окислов (СаО) вызывает появление гидроксильных ионов в техногенных водах золошлаковой толщи и определяет высокую щелочность (рН=12-12,5). Минерализация подземных вод золошлаков обычно превышает 1 г/л. По химическому составу воды золошлаковой толщи гидроксильные кальциево-натриевые со средней минерализацией 1,21 г/л. Коэффициент фильтрации для золошлаковой толщи в массиве колеблется от 0,6 до 2,1 м/сут [3].

Оценка геохимической подвижности химических элементов в водной среде, проведенная с помощью предложенного А.И. Перельманом коэффициента водной миграции K_x (табл. 1), позволила выявить ряд интенсивности миграции:



Значительный вынос натрия определяется его высокой концентрацией в составе катионов, а высокие концентрации кальция в техногенных подземных водах золошлаковых массивов обусловлены его высоким содержанием в составе зол КАУ. Миграционная способность стронция обеспечивается низкими концентрациями сульфатов и карбонатов, с которыми он образует нерастворимые соединения, а также высокой растворимостью гидроксида стронция. В целом для техногенных вод золошлакового горизонта характерны те же микроэлементы, что и для золошлакового материала.

Важной гидрогеохимической особенностью техногенных зольных вод является наличие двух мощных геохимических барьеров: щелочного и суль-

фатного, ограничивающих подвижность в водной среде золошлаковой толщи таких экологически активных элементов, как барий, стронций, хром, медь, цинк, марганец и другие. Однако максимальные концентрации стронция и марганца в водах золошлакоотвала достаточно высоки [3].

Таблица 1

Водная миграция в золошлакоотвалах Назаровской ГРЭС [3]

Элемент	Массовое содержание в водах золошлаков, %	Среднее содержание, мг/л		Коэффициент водной миграции	
		в водах золошлакового горизонта	в водах аллювиального горизонта	в золошлаковом горизонте	в аллювиальном горизонте
Ca	24,4	161,4	37,4	0,50	0,36
Si	13,9	4,4	1,7	0,02	0,04
Fe	11,0	4,3	12,1	0,03	0,36
Mg	2,12	14,3	21,0	0,56	3,24
Na+K	0,77	277,4	18,2	29,80	7,72
S	1,01	12,8	16,4	1,05	5,19
Mn	0,448	0,057	0,753	0,01	0,55
Ti	0,282	0,277	0,108	0,08	0,12
Ba	0,160	1,844	0,127	0,97	0,26
Sr	0,065	5,636	0,574	7,17	2,88
Cr	0,005	0,009	0,016	0,15	1,04
V	0,005	0,007	0,003	0,12	0,13
Zn	0,005		0,055	0	3,59
Cu	0,004	0,008	0,008	0,16	0,65
Pb	0,002	0,001	0,004	0,04	0,65

Среди микроэлементов в золошлаковых отложениях, контактирующих с подстилающими грунтами, высокого уровня накопления достигают Pb, Cu, Zn, Co, Cr, Ni, Mn, Ba, Sr. С поступлением в подстилающие суглинки их валовое содержание резко уменьшается, что связано с протекающими в системах физико-химическими процессами, в том числе, и с процессами сорбции. Максимальные концентрации в золошлаках имеют Mn, Ti, Ba, Sr. Из вод отстойника в донный ил активно осаждаются Co, Ti, Mn.

Первичные ассоциации химических элементов, характерные для верхних частей разреза золошлаковых массивов, в результате их трансформации, преобразуются в новые ассоциации. При этом выделяются три основные геохимические ассоциации: первая представлена Sr–Co–Ni–Cu–Ti; вторая включает V–Ba–Mn–Zn–Pb, а третья Cr–Mo–Li [2].

Поведение элементов, входящих в состав геохимических ассоциаций, не являются однотипными. Для некоторых элементов в основании золошлаковых массивов золоотвалов отмечается повышение концентраций, а другие элементы равномерно распределены по разрезу толщи золошлаковых отложений.

Расчеты распределения водорастворимых форм в процентном отношении от валового содержания позволили выявить зоны активного обогащения

техногенных вод микроэлементами в золошлаковых массивах золоотвалов Средней Сибири. На примере золоотвала Красноярской ТЭЦ-3 такая зона установлена на глубине 9,5-11,0 м. Техногенные воды в нижних слоях золошлакового массива обогащаются Ba, Sr, Co, Ni, Mn, V, Ti, Cu, Pb, Zn. Доля растворения от общей массы составляет до 1,5%, а для Cu, Ba и Sr она достигает 15%. В этой зоне Li, Mo, Cr практически полностью теряют свои миграционные способности и осаждаются в слоях золотых отложений. Как показали полученные коэффициенты распределения, мощность зоны обогащения составляет 2,5-3 м в зависимости от мощности золошлакового массива [2].

Исследования, проведенные по оценке влияния золоотвалов Средней Сибири на подземные воды, показали, что при инфильтрации техногенных вод из золоотвала в его основании формируется купол растекания, составляющего единое фильтрационное поле от пруда отстойника до горизонта подземных вод. Формируется постоянная связь золоотвала и подземного водоносного горизонта.

Анализ интенсивности взаимодействия техногенных вод золоотвала и природных вод подземного водоносного горизонта по результатам расчетов коэффициентов концентрации показал, что максимальной степенью накопления в подземных водах обладает геохимическая ассоциация V–Ba–Mn–Pb, что вдвое превышает показатель накопления геохимической ассоциации Sr–Co–Ni–Cu–Ti. По суммарному показателю накопления микроэлементов первой ассоциации по форме и контуру четко совпадает с фильтрационным куполом растекания техногенных вод. Суммарный показатель второй геохимической ассоциации не имеет четких контуров, сопоставимых с границами купола фильтрации техногенный вод в подземный водоносный горизонт. Геохимическая ассоциация Cr–Mo–Li отличается наименьшим суммарным показателем накопления, равномерно распределенным по всей площади в районе золоотвала [2].

Техногенные воды из отвалов, фильтруясь через грунты, залегающие под накопителями, способствуют химическому загрязнению подземных вод: увеличению минерализации, повышению жесткости, содержаниям сульфатов, кальция и различных микроэлементов.

Гидрогеологические исследования, проведенные на золоотвалах Назаровской ГРЭС, выявили переток технологических вод из золоотвалов в аллювиальный водоносный горизонт (табл. 2).

Таблица 1

Изменение водного баланса на золошлакоотвале Назаровской ГРЭС [3]

Система	Расход воды в системе ГЗУ	Возврат воды в систему ГЗУ	Поверхностный сток	Потери воды на фильтрацию
Отвал 1	600/100	356/59	167/28	77/13
Отвал 2	257/100	н.д.	150/58	107/42

Примечание: в числителе – в л/с; в знаменателе – в %.

Инфильтрация техногенных вод из отвалов в аллювиальный горизонт изменяет гидродинамические, гидрогеохимические и гидрогеотермальные условия. За 25-летний период функционирования отвалов зона техногенно нарушенного режима подземных вод протянулась на расстояние 17 км в западном направлении и до 7 км в других направлениях [3].

Гидрохимические исследования, проведенные на многих золоотвалах Средней Сибири, позволили установить, что загрязнение подземных вод в районе их воздействия определяется активностью выявленных геохимических ассоциаций: V–Ba–Mn–Pb; Sr–Co–Ni–Cu–Ti; Cr–Mo–Li [2].

Прослежена связь геохимических ассоциаций подземных вод с поверхностным водотоком р. Черемушка, являющейся участком их разгрузки в зоне влияния секции № 1 золоотвала Красноярской ТЭЦ-3.

Поведение суммарного показателя загрязнения в поверхностном водном объекте характерно распределению геохимических компонентов в подземных водах. Максимальные значения распределения суммарного показателя ассоциации V–Ba–Mn–Pb сосредоточены на участке водотока, расположенного в зоне влияния рабочей секции отвала. Распределение суммарного показателя ассоциации Sr – Co – Ni – Cu – Ti носит равномерный характер. Аналогичные результаты наблюдаются и в донных отложениях. При этом выявлено, что наиболее ощутимым воздействием на подземные воды обладают ассоциации V–Ba–Mn–Pb и Sr – Co – Ni – Cu – Ti. Слабо ощутимым накоплением обладает ассоциация Cr – Mo – Li [2].

Таким образом, энергетические комплексы являются одними из главных источников техногенного воздействия на все компоненты окружающей среды. Их функционирование способствует загрязнению атмосферы, почв, поверхностных и подземных вод. Существенный вклад вносят и накопители золошлаковых отходов – золоотвалы.

Литература

1. Гольдберг В.М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды. – Ленинград.: Гидрометеоиздат. 1987. – 248 с.
2. Целюк Д.И. Особенности техногенного воздействия золоотвалов Средней Сибири на подземные воды. Автореф. на соискание уч. степени к. г.-м. наук.– М.: РИС. ВИМС. 2009. – 24 с.
3. Человек и окружающая среда на этапе первоочередного развития КАТЭЖа / Волкова В.Г., Семенов Ю.М., Турушина Л.А. и др. – Новосибирск: Наука. Сибирское отд. 1988. – 224 с.

ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В ПРЕДЕЛАХ ОРОШАЕМОГО РАЙОНА ПРОВИНЦИИ ШЭНЬСИ (СЕВЕРО-ЗАПАД КНР)

Ли Цзюньюань¹, Ли Пэйчен¹, А.Б. Лисенков², К.Э. Молоканова³

¹ Научно-исследовательский институт «Вода и развитие» при Чаньаньском университете КНР, г. Чаньань, ул. Яньта д.126. E-mail: lila_002@163.com

² Российский государственный геологоразведочный университет (МГРИ-РГГРУ)

³ Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых, отдел подземных вод

С середины прошлого столетия наблюдается усиление техногенной нагрузки на водные ресурсы данного региона, что вызвано расширением орошаемых площадей и увеличением списка орошаемых культур. В настоящее время орошаемая территория Вэйвэ является основной продовольственной базой северо-западной части Китая. Данная территория характеризуется высокоразвитым сельскохозяйственным производством, что приводит к значительной техногенной нагрузке на гидросистему, прежде всего на подземные воды, являющиеся единственным источником питьевого водоснабжения населения региона. Интенсивное освоение железорудных месторождений и эксплуатация водоносных горизонтов для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения орошаемой территории Вэйвэ приводит к значительным изменениям качественного состояния и гидрогеологического режима подземных вод. В данной работе представлен анализ состояния подземных вод в условиях возрастающего техногенного воздействия путем сопоставления результатов обследования, выполненных в 1988 и 2002 гг. с целью установления динамики процесса. В работе использованы материалы многолетних исследований научно-исследовательского института «Вода и развитие» при Чаньаньском университете КНР.

Район исследований располагается в провинции Шэньси, в пределах территории с полуаридным климатом, и административно делится на 5 районов. Среднегодовая температура региона не превышает +12°C. Количество атмосферных осадков увеличивается с севера провинции на юг от 400 до 800 мм. Величина испарения почти вдвое превышает среднегодовую норму осадков и составляет 1200 мм.

Данный район является основной продовольственной базой провинции Шэньси. В его пределах выращиваются следующие сельскохозяйственные культуры: кукуруза, пшеница, плодовые деревья.

На основе данных в 2002 г. проанализировано количественное состояние и режим подземных вод в условиях возрастающей урбанизации территории. Прежде всего было изучено увеличение площади городской застройки и площади сёл в период с 1988 по 2002 гг. (рис. 1).

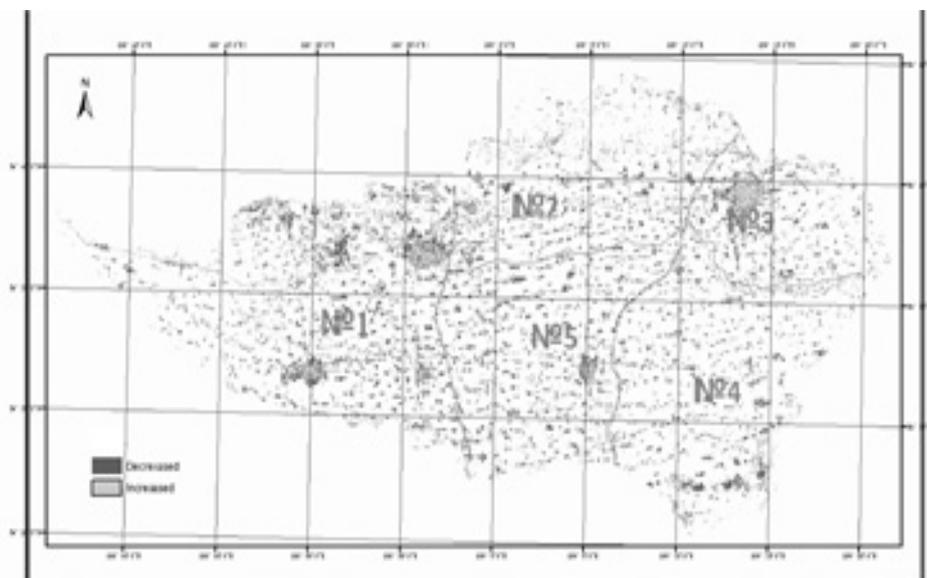


Рис. 1. Изменение площади городской застройки за период с 1988 по 2002 гг. [4]:
 № 1, 2, 3, 4, 5 – номера административных районов

Рисунок 1 подтверждает, что за период с 1988 по 2002 годы на орошаемой территории чётко выявляется тенденция расширения площадей городской застройки. Из рис.1 видно, что существует явная тенденция увеличения площадей урбанизированных территорий, суммарная площадь которых – 53.720 км^2 , и это видно на примерах административных районов № 1, 2, 3, 5 (наиболее интенсивно в районе № 3). Показано, что в этих районах быстро шла урбанизация, площадь городской застройки повышалась. А уменьшение урбанизированных районов отмечено на населённых землях в сёлах, площадь их составила 113.272 км^2 . На рис. 1 отражено, что площадь сельскохозяйственных земель в районах сёл изменялась медленно, есть тенденция к снижению урбанизированных территорий. Результаты анализа показали, что в местах активной человеческой деятельности, степень урбанизация постепенно увеличивается, что, приводит к увеличению городской застройки. Скорость увеличения площадей городской застройки выше, чем скорость расширения населённых земель в сёлах, то есть, чем более интенсивна деятельность человека, тем быстрее происходит урбанизация.

В процессе урбанизации на орошаемой территории тип земельного использования изменяется. Тип земельного использования исследуемой территории в 1988 и 2002 гг. показан на рис. 2.

По статистическим данным [4] построены диаграммы, на которых видно, что площадь пахотных и урбанизированных земель увеличивается значительно, площадь территорий транспортной застройки увеличивается не на много, а площадь садовых участков и складских территорий почти не изме-

няется. Результаты анализа землепользования в районе исследования показали, что чем более развито сельскохозяйственное производство, тем быстрее происходит урбанизация.

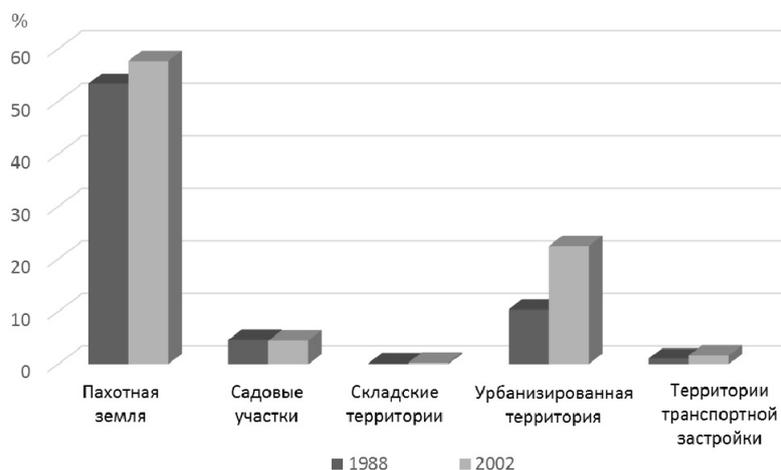


Рис. 2. Тип земельного использования исследуемой территории в 1988 и 2002 гг.

Методология решения задачи

Для решения поставленной задачи использован аппарат теории информации – «информационный анализ» [1, 2], позволяющий оценить информативность отдельных признаков по отношению к выходному, выделять наиболее информативные признаки (как единичные, так и сложные), формировать на их основе «информационную модель», которая является основой для решения прогнозных задач [3].

Исходная информация, используемая для формирования информационной модели, была следующей. Как было сказано выше, орошаемая территория в соответствии с административной принадлежностью была поделена на 5 районов.

Для решения задачи по оценке количественного состояния подземных вод среднееголетние значения показателей были приведены к центрам административных районов.

Все исходные показатели разбиты на 4 группы: 1) показатели характеризующие количественное состояние: минерализация М; 2) показатели характеризующие режим подземных вод: уровень грунтовых вод Нгв; 3) техногенная нагрузка: площадь пахотной земли Ппз, плотность дорожной сети Пд, отношение площадей городов и сел Ог/с; 4) социально-экономические показатели: плотность населения Пн и ВВП; 5) экологический показатель: при-

знак NDVi, характеризующий интенсивность развития растительного покрова по площади и во времени.

В качестве входных показателей информационной модели (Xi) использовались показатели 2, 3, 4, 5 групп. А в качестве выходных (Y) – показатели, характеризующие количественное состояние подземных вод: 1-я группа показателей. Таким образом, были выделены информативные простые и сложные входные признаки, определяющие количественное состояние подземных вод орошаемого района, которые характеризуются показателями 1-й группы признаков (M). Расчет взаимной информативности показателей осуществлялся по формуле [2,3]:

$$I(Y:Xi) = I(Y) - I(Y/Xi),$$

где $I(Y)$ – полная информация выходного признака Y;

$I(Y/Xi)$ – условная информация;

$I(Y:Xi)$ – взаимная информативность Y и входного признака Xi.

В данной работе анализировались показатели в 5-ти административных районах в 1988 г. (в период минимальной урбанизации) и 2002 г. (в период развития сельскохозяйственного строительства и урбанизации территории).

Результаты расчета показали, что простые показатели Пд (плотность дорожной сети), Ппз (площадь пахотной земли) и сложные показатели

$$\text{Ппз} \otimes \text{Нгв}, \text{Ппз} \otimes \text{Пд}, \text{Ппз} \otimes \text{NDVi} \otimes \text{Нгв}, \text{Ппз} \otimes \text{Ог/с} \otimes \text{Нгв}, \text{Ппз} \otimes \text{Пд} \otimes \text{Нгв}$$

достаточно хорошо распознают величину минерализации подземных вод.

Выводы

Очевидно, что основной причиной изменения минерализации грунтовых вод в районе исследования является урбанизация изучаемой территории. В процессе урбанизации площадь пахотной земли расширяется с каждым годом. Это приводит к напряженности использования поверхностных вод и интенсивности эксплуатации подземных вод, а также снижению уровня последних.

В связи с интенсивным строительством на территории исследований, промышленные, сельскохозяйственные и административные объекты и дорожная сеть в городе изменили состояние первоначальных урбанизированных ландшафтов. Уплотнение земель в районах прокладки автодорог вызывает снижение инфильтрации атмосферных осадков. Одновременно, поверхностный сток через единый дренаж отводится за пределы изучаемой территории. Оба этих процесса приводят к ослаблению питания подземных вод. На исследуемой территории существует только боковое питание северо-западного направления, что приводит к снижению уровня подземных вод в процессе урбанизации.

К 2002 г. мощность зоны аэрации увеличилась на 5-7 м, при этом величина инфильтрационного питания и коэффициент фильтрации составляют до 100 мм/год и 0.09 м/сут [5] соответственно. В результате снижения уровня

грунтовых вод на орошаемой территории, величина их минерализации серьезно влияет на урожайность сельскохозяйственных культур [6].

Показано, что при глубине грунтовых вод более 80 см подъем капиллярных вод не может быстро обеспечить увлажнение почвы и интенсивное орошение обеспечивает вторичное засоление подземных вод и как следствие, вторичное засоление орошаемых земель. Нашими исследованиями показано, что увеличение минерализации грунтовых вод более 3-х грамм на литр, приводит к снижению урожайности на 10% [7,8].

Литература

1. Белоусова А.П., Гавич И.К., Лисенков А.Б., Попов Е.В. Экологическая гидрогеология. М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. 397 с.
2. Гонна В.Д. Введение в алгебраическую теорию информации. М.: Наука-Физматлит, 1995. 107 с.
3. Лисенков А.Б. Информационный подход к распознаванию образов при решении эколого-гидрогеологических задач // Геоэкология. 1994. №4. С. 119-131.
4. Ao Yong Study of quantitative modeling of Intensity of human activities in Jinghui irrigation area on the basis of RS/GIS. D.: Chang'an University, 2011. 113 p.
5. Liu Yan Dynamic variation characteristics and cause analysis of underground water level in Jinghui Irrigation District, Yangtze River. 2010. P.100-107.
6. Kang Lianqiang, Qi Xuebin, Ma Yaoguang, et al. Effects of reclaimed water irrigation on winter wheat growth under different groundwater tables [J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(6): 95-100. (in Chinese with English abstract).
7. Li Xiaoyu, Xiao Duning. Dynamics of water resources and land use in oases in middle and lower reaches of Shiyang River watershed, Northwest China [J]. Advance in Water Sciences, 2005, 16(5): 643-648. (in Chinese with English abstract).
8. Song Dongmei, Xiao Duning, Ma Mingguo, et al. Impact of groundwater resource temporal-spatial change in Minqin oasis on ecological security of irrigation region landscape [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(10): 1815-1820. (in Chinese with English abstract).

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПРИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ЛЕСОПАРКОВОЙ ЗОНЫ КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА

Н.Г. Максимович, Е.А. Хайрулина

Естественнонаучный институт Пермского государственного национального
исследовательского университета (ЕНИ ПГНИУ), 614990, ул. Генкеля, 4.
E-mail: nmax54@gmail.com,

В городской среде значительная техногенная нагрузка ложится на лесопарковую зону. При экологической оценке данных территорий, главным образом, исследуются животный мир, растительность, воздух, поверхностные воды и почвы [3,5,7].

Изучению состояния подземных вод уделяется меньшее внимание. Наряду с общепринятыми критериями оценки их состояния, регулируемых нормативными документами необходим более детальный анализ факторов, влияющих на биотические компоненты, среди которых, прежде всего, следует отметить глубины залегания подземных вод, амплитуду их колебания и химический состав. Эти и некоторые другие параметры необходимо учитывать при проведении экологической оценки и инженерных изысканий на территории городских лесных массивов.

Исследование гидрогеологических условий проводилось на примере Черняевского лесопарка г. Перми, являющегося особо охраняемой природной территории местного значения – охраняемым природным ландшафтом (рис.).

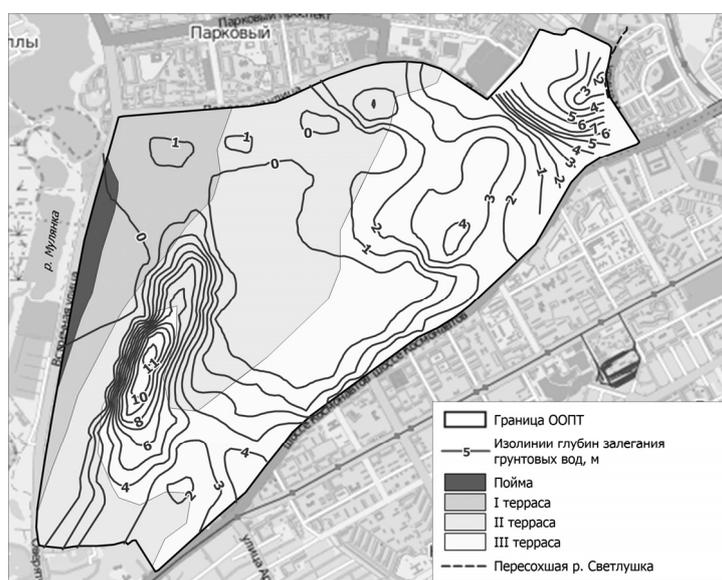


Рис. Гидрогеологические условия ООПТ «Черняевский лесопарк»

Основными задачами были: исследование изменения уровня грунтовых вод, загрязнения подземных вод, оценка их защищенности, зонирование территории по устойчивости гидросферы к ведению инженерной деятельности.

Черняевский лесопарк площадью 6,9 км² является уникальным лесным массивом, который несмотря на расположение в городе, сохранил черты зональных ландшафтов. Территория участка является частью Камской долины, представленной разновозрастными четвертичными отложениями. Основные элементы рельефа – это пойма и аккумулятивно-эрозионные надпойменные террасы.

Лесопокрытая часть территории лесопарка составляет 82,9%. На непокрытых лесом землях (17,1%) наибольшие территории занимают прогалины и ландшафтные поляны (8,2%).

Поверхностные водотоки, протекающие по территории Черняевского лесопарка, представлены небольшими речками и сетью сухих логов и западин, заполненных водой в период весеннего половодья. По условиям взаимосвязи водоносных горизонтов и комплексов с поверхностью выделяются две гидродинамические зоны: активного и затрудненного водообмена. Для результатов выполняемой работы наибольшее значение имеет зона активного водообмена, которая содержит пресные подземные воды четвертичного аллювиального горизонта и шешминского водоносного комплекса.

Подземные воды четвертичных отложений преимущественно гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевые, в большинстве случаев с минерализацией до 1 г/л. Отмечены повышенные значения минерализации, жесткости, концентрации хлоридов, сульфатов, нитратов и других компонентов, что является характерным для городских территорий [4]. Верхняя часть грунтового потока разгружается в виде родников и мочажин непосредственно в пределах Черняевского лесопарка.

В пределах Черняевского лесопарка хозяйственная деятельность существенно ограничена, однако недра и подземные воды в той или иной степени подвержены внешнему и внутреннему техногенному воздействию, которое приводит к загрязнению грунтов и подземных вод.

К внешним факторам ухудшения качества подземных вод относятся поступление загрязненных поверхностных и подземных вод, атмосферных выпадений загрязнителей.

Общее направление движения поверхностного стока с юго-востока на северо-запад обеспечивает поступление загрязненных талых и дождевых вод с городской территории. Поверхностный сток с городских водосборов содержит значительное количество загрязняющих веществ: взвешенных, органических, нефтепродуктов, соединений азота, фосфора и др. Об интенсивности этого стока говорят погребенные под слоем наносов почвы на периферии лесопарка. Отсутствие значительных каналов поверхностного стока и высокая проницаемость пород способствует существенной инфильтрации загрязняющих веществ в грунтовые воды.

Территория расположена в зоне транзитного движения потока подземных вод, от склоново-водораздельного пространства к дренам – р. Мулянка и р. Кама (Воткинское водохранилище). В области питания, где расположена часть г. Перми, и, в том числе, некоторые промышленные предприятия, происходит загрязнение грунтовых вод нитратами, аммонием, нефтепродуктами и др. [2, 4].

Другим источником загрязнения являются атмосферные осадки. Расположение в районе города с химико-машиностроительной специализацией промышленности и в окружении крупных автомагистралей способствует формированию специфического спектра атмосферного загрязнения [2, 6]. Среди загрязнителей на территории лесопарка выявлены фенол (1,1 ПДК), сероводород (1,1 ПДК), ксилол (2,6 ПДК), формальдегид (4,0 ПДК), этилбензол (2,4 ПДК), железо (1,8 ПДК) и свинец (1,3 ПДК) и др.

Загрязнение грунтовых вод также связано с неорганизованными свалками мусора, застойными водами заболоченных мест, с утечками из коммуникаций и попаданием минерализованных вод глубоких горизонтов в пресноводную зону по стволам скважин, расположенного рядом месторождения лечебно-столовых вод.

Несмотря на положение лесопарка на территории города, специального изучения подземных вод здесь не проводилось. Для уточнения гидрогеологической ситуации были пробурены в верхней аллювиальной толще 30 скважин. В скважинах проводились замеры уровней грунтовых вод и температуры, отбирались пробы воды.

Гидрохимические исследования воды из скважин проводились в осенне-зимний и весенний периоды. Пробы воды исследовались на содержание кальция, магния, ионов аммония, гидрокарбонатов, железа общего, сульфатов, фосфатов, хлоридов, нитратов, нитритов, хрома (общего, трех- и шестивалентного), СПАВ, нефтепродуктов, фенолов. Определялись рН, сухой остаток, БПК, ХПК, микрокомпонентный состав подземных вод по 39 элементам.

По результатам работ была создана серия карт, на которых отражены глубины залегания грунтовых вод, переувлажненные участки, распределение загрязнителей, зонирования территории и другие характеристики, важные для биотических компонентов.

Режим грунтовых вод в районе Черняевского лесопарка во многом определяется достаточно высокой проницаемостью пород, значительной залеженностью, относительно высоким перепадом высотных отметок (от 95 до 126 м), небольшим количеством водотоков, наличием дрены вдоль западной границы. Поверхность грунтовых вод практически не зависит от расчлененности рельефа, а имеет практически равномерную структуру по всей территории. Это обусловлено одинаковой интегральной проницаемостью массива, несмотря на неоднородный состав аллювиальных отложений.

В пределах лесопарка выделяются несколько зон выходов грунтовых вод на поверхность. Суммарная площадь зон, где грунтовые воды поступают на поверхность земли практически постоянно, даже в засушливые периоды, приближенно равняется 1,17 км², или 15 % от площади лесопарка.

В периоды дождей и таяния снега происходит расширение площадей переувлажненных участков. Кроме этого формируются новые небольшие локальные очаги, которые приурочены обычно к долинам временных водотоков и другим понижениям рельефа. Высокое стояние уровня грунтовых вод, в ряде случаев спровоцированное техногенным фактором, выражается в переувлажнении и заболачивании земель, что может привести к смене растительных сообществ. В условиях загрязнения грунтовых вод химические вещества поступают в биологический круговорот, что негативно сказывается на природных комплексах в целом.

В северной части лесопарка проведенные в 2009-2013 гг. исследования показали, что глубина залегания подземных вод изменялась с 0 – 2 м в 2009 г. до 5-10 м в 2013 г. Причинами резкого увеличения глубины залегания грун-

товых вод является нарушение естественного гидрологического и гидрогеологического режима территории. Планировка территории, отвод ливневых вод, а также барражный эффект создаваемого фундаментами и коммуникациями способствовали уменьшению питания грунтовых вод, что привело к снижению их уровней, пересыханию болота и небольшой речки, исчезновению родника и изменению структуры потока.

Результаты расчетов естественной защищенности грунтовых вод (по методике [1]) от поверхностного загрязнения показывают, что в пределах лесопарка грунтовые воды повсеместно характеризуются I категорией условий защищенности (коэффициент фильтрации 0,3-4,62 м/сут), обусловленной небольшой мощностью (0-6,0 м) зоны аэрации и наличием относительно хорошо проницаемых отложений – в основном песком и супесью, реже – суглинком.

Гидрохимические исследования грунтовых вод показало, что на территории Черняевского лесопарка распространены воды пресные (сухой остаток 104-646 мг/дм³), водородный показатель изменяется в пределах 7,4-5,49. В ионном составе преобладают гидрокарбонаты и кальций, реже сульфаты и натрий. На ряде участков исследуемой территории прослеживается азотное загрязнение. Высокое содержание аммония (1,1-7,5 ПДК), нитратов (2,2-2,9 ПДК) и нитритов (1,2-1,8 ПДК) в центральной заболоченной части лесопарка связано, скорее всего, с природными факторами – процессами заболачивания.

Грунтовые воды повсеместно загрязнены фенолом (2,2-20,6 ПДК). Максимальные концентрации нефтепродуктов (до 29,2 ПДК) выявлены на южной границе, примыкающей к автомагистрали. В центральной части лесопарка зафиксированы повышенные концентрации нефтепродуктов, железа, кобальта, аммония и фенолов. Пониженное в гипсометрическом отношении положение участка способствует накоплению загрязнителей.

Исследования показали, что на территории лесопарка в результате техногенной деятельности развиваются два разнонаправленных процесса: повышение уровня грунтовых вод в центральной и южной части и понижение уровня грунтовых вод в северной части. Причинами изменения гидрогеологических условий является строительство автодорог и жилых комплексов на границе исследуемой территории. Такое изменение уровня грунтовых вод нарушает стабильные условия для произрастания лесных сообществ.

Загрязнение грунтовых вод и изменение их уровней под влиянием техногенных факторов, особенно в условиях небольших глубин залегания, ухудшает условия обитания биотических компонентов и способствует уменьшению биоразнообразия на территории особо охраняемого природного объекта.

Очевидно, что опыт оценки гидрогеологических условий лесопарковой зоны г. Перми применим и к другим подобным объектам. Учитывая важность этих факторов при ведении инженерной деятельности, в лесопарковых зонах необходима система продуманных мероприятий, направленных на сохранение естественных гидрогеологических условий, включая разработку системы

мониторинга подземных вод для принятия оперативных мер в случае существенного изменения ситуации.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках базовой части государственного задания 2014/153.

Литература

1. Гольдберг В.М., Газда С. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения. М.: Недра, 1984. 262 с.
2. Двинских С.А., Максимович Н.Г., Малеев К.И., Ларченко О.В. Экология лесопарковой зоны города / Под общ. ред. С.А. Двинских. СПб.: Наука, 2011. 154 с.
3. Касимов Н.С., Никифорова Е.М. Геохимия городов и городских ландшафтов // География, общество, окружающая среда. Т. IV: Природно-антропогенные процессы и экологический риск. М.: Изд. дом «Городец», 2004. С. 474-507.
4. Катаев В.Н., Шукова И.В. Подземные воды города Перми. Пермь: ГОУ ВПО «Перм. гос. ун-т», 2006.
5. Косинова И.И., Крутских Н.В., Лаврова Н.Б. Эколого-геохимическая оценка урбанизированных территорий на примере г. Петрозаводска // Вестник ВГУ, серия: Геология. 2011. № 2. С. 204-211.
6. Максимович Н.Г., Ворончихина Е.А., Хайрулина Е.А., Жекин А.В. Техногенные биогеохимические процессы в Пермском крае // Геориск. 2010. № 2 С. 38-45. <http://nsi.psu.ru/labs/gtp/publicat.html>
7. Экология города. М.: Научный мир, 2004. 624 с.

ОЦЕНКА ЗАЩИЩЕННОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОТ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Ю.В. Миняева

Институт водных проблем РАН, 119333 г. Москва, ул. Губкина, д. 3.
E-mail: jminya77@mail.ru

В настоящее время на Европейской территории России сложно найти районы, где сохранились естественные условия. Обычно в развитых регионах природная среда подвержена не только интенсивной, но и «разнонаправленной» техногенной нагрузке, что обуславливает многокомпонентное загрязнение. Чем разнообразнее состав загрязняющих компонентов, тем большему токсическому воздействию подвергаются экосистемы. В связи с этим предлагается проводить оценку защищенности подземных вод от многокомпонентного загрязнения, обусловленного характерным профилем техногенной нагрузки. В качестве примера рассматривается территория промышленных районов Тульской области.

Тульская область является высокоразвитой в промышленном отношении областью России. В структуре промышленного производства преобладают такие отрасли, как: черная металлургия, машиностроение, металлообработка, химическая, нефтехимическая, легкая, пищевая, угольная промышленность, промышленность строительных материалов. Также в изучаемом регионе широко развито сельское хозяйство, благодаря наличию обширных плодородных угодий, и агропромышленный комплекс. Кроме того, на территории области широко разрабатываются месторождения бокситов, железных руд, известняков, каменной соли, гипса, кирпичных глин и суглинков, мраморных известняков. А до конца 2000-х гг. разрабатывались месторождения бурого угля.

В природном отношении исследуемая территория представляет пологоволистую равнину, расчлененную довольно густой сетью речных долин, балок и оврагов. Основными типами почв являются черноземы, серые лесные, дерново-подзолистые и аллювиальные почвы. Все почвы характеризуются суглинистым составом. Породы зоны аэрации сложены в основном суглинисто-глинистыми отложениями [2]. Подобное строение предопределяет хорошие защитные свойства зоны аэрации в ненарушенных условиях. Однако, широкое развитие промышленности, агропромышленного и горнодобывающего комплексов обуславливает возрастание техногенной нагрузки на компоненты окружающей среды. Что в совокупности с наличием разветвленной системы коммуникаций в населенных пунктах, полей фильтрации и пр. приводит к формированию нарушенных условий.

В результате распашки земель нарушается «сплошность» грунта, и вспаханная почва является «быстрым путем» миграции загрязняющих веществ с инфильтрационным потоком. На орошаемых участках создается промывной режим, поэтому меняется и интенсивность инфильтрационного питания. С другой стороны, согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. «О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 годы» «планируется мелиорация земель сельскохозяйственного назначения, введение в оборот неиспользуемой пашни и других категорий сельскохозяйственных угодий». Это повлечет за собой смену естественных условий на техногенные.

Оценкой естественной защищенности подземных вод от загрязнения занимаются многие отечественные и зарубежные исследователи. Ранее [4] были рассмотрены два популярных подхода А.П. Белоусовой [1] и И.С. Пашковского [5]. Однако в связи с тем, что район исследований испытывает интенсивную антропогенную нагрузку, предлагается проводить оценку защищенности подземных вод как в естественных, так и в нарушенных условиях.

В связи с масштабом проводимых исследований и реализацией многолетней государственной программы, представляется весьма затруднительным выделение участков с естественными и нарушенными условиями. Поэтому для изучаемой территории предлагается проводить региональную оценку за-

щищенности подземных вод от загрязнения, как для природных, так и для нарушенных (антропогенных) условий по всей территории.

Защищенность подземных вод от загрязнения понимается как свойство природной системы, позволяющее сохранить на прогнозируемый период состав и качество подземных вод, соответствующие требованиям их практического использования [3] и оценивается по времени прохождения загрязнения с поверхности в подземные воды.

Время прохождения загрязнителя определяется из соотношения:

$$t = \frac{m}{u_{\Pi}} \quad (1)$$

Действительная скорость миграции несорбируемого компонента в зоне аэрации определяется по уравнению [6]:

$$u_{\Pi} = n_0^{-1}(W^3 k_{\phi})^{1/4}, \quad (2)$$

где n_0 – активная пористость, W – величина инфильтрационного питания (мм/год), k_{ϕ} – коэффициент фильтрации (м/сут).

В результате подстановки получаем формулу для расчета времени проникновения загрязнения в подземные воды:

$$t = \frac{m * n_0}{\sqrt[4]{W^3 * k_{\phi}}} \quad (3)$$

В случае с сорбируемым компонентом важное значение имеет коэффициент распределения Kd (л/кг), характеризующий способность к сорбции загрязняющего вещества почвенным органическим веществом или горной породой. Тогда для расчета действительной скорости инфильтрационного просачивания нужно использовать эффективную пористость (n_3), рассчитываемую по формуле:

$$n_3 = n_0 + \delta * Kd, \quad (4)$$

где δ – объемный вес породы (кг/дм³).

Таким образом, подставив n_3 получим:

$$t = \frac{m * (n_0 + \delta * Kd)}{\sqrt[4]{W^3 * k_{\phi}}} \quad (5)$$

Что касается оценки защищенности подземных вод в нарушенных условиях, для этого необходимо учитывать существенную разницу в интенсивности инфильтрационного питания. В естественных условиях значение W берется равным средней по площади естественной инфильтрации, а в нарушенных условиях как на участках орошаемых территорий [6].

Что касается выбора загрязняющих веществ (ЗВ), он проводится на основании характерного для региона профиля техногенной нагрузки. Практиче-

ски во всех районных центрах расположены предприятия черной металлургии, металлообработки, машиностроения, а также легкой промышленности. Поскольку приоритетными ЗВ, поступающими в природную среду от перечисленных отраслей промышленности, являются тяжелые металлы, участвующие в их технологическом цикле, то именно они выбраны для анализа нагрузки от промышленного производства в качестве основных элементов-загрязнителей. А широкое развитие агропромышленного комплекса определило выбор группы загрязнителей от сельскохозяйственного загрязнения – это азотсодержащие компоненты.

Весьма затруднительно оценить воздействие целой группы ЗВ. Поэтому для оценки защищенности подземных вод от загрязнения тяжелыми металлами выбран CrVI, т.к. он наиболее часто встречается в районе исследований. Для оценки защищенности подземных вод от азотного загрязнения в качестве элементов-загрязнителей взяты NH_4^+ и NO_3^- .

Для района исследований проведена оценка защищенности подземных вод от многокомпонентного загрязнения в естественных и нарушенных условиях на основании подверженности трехкомпонентному, двухкомпонентному и однокомпонентному загрязнению. Для участков, где неоднозначная ситуация с категорией защищенности (например, «незащищенный» от загрязнения одним ЗВ и «слабо защищенные» от загрязнения другим) присвоена категория «незащищенные» согласно, так сказать, худшему сценарию. Подверженность двухкомпонентному загрязнению характеризует, что подземные воды могут быть «незащищенными», «слабо-, средне- и условно защищенными» от двух компонентов, от загрязнения же третьим компонентом они являются «защищенными».

На основании проведенной оценки построены соответствующие карты (рис. 1 и 2), которые позволяют сделать следующие выводы.

Как в естественных, так и в нарушенных условиях изучаемая территория не защищена от загрязнения практически несорбируемыми компонентами. Что касается сорбируемых ЗВ, то в естественных условиях защитные свойства природной среды района исследований можно охарактеризовать как достаточно высокие.

Большее половины территории относится к защищенным и условно защищенным от загрязнения NH_4^+ и CrVI (это южная, преимущественно центральная часть, а также север района). На востоке и западе расположены участки, где подземные воды являются средне защищенными. По долинам рек, а также в районе гг. Тулы и Новомосковска подземные воды характеризуются как незащищенные от многокомпонентного загрязнения (что в большей степени касается загрязнения CrVI и NO_3^-).

При техногенных условиях картина существенно меняется. Почти треть изучаемой территории попадает в категорию незащищенной от многокомпонентного загрязнения подземных вод. В восточной части и фрагментарно на юге подземные воды незащищены от азотного загрязнения. Половина же территории имеет категорию средней защищенности от аммония и отсутствия защищенности от нитратов.

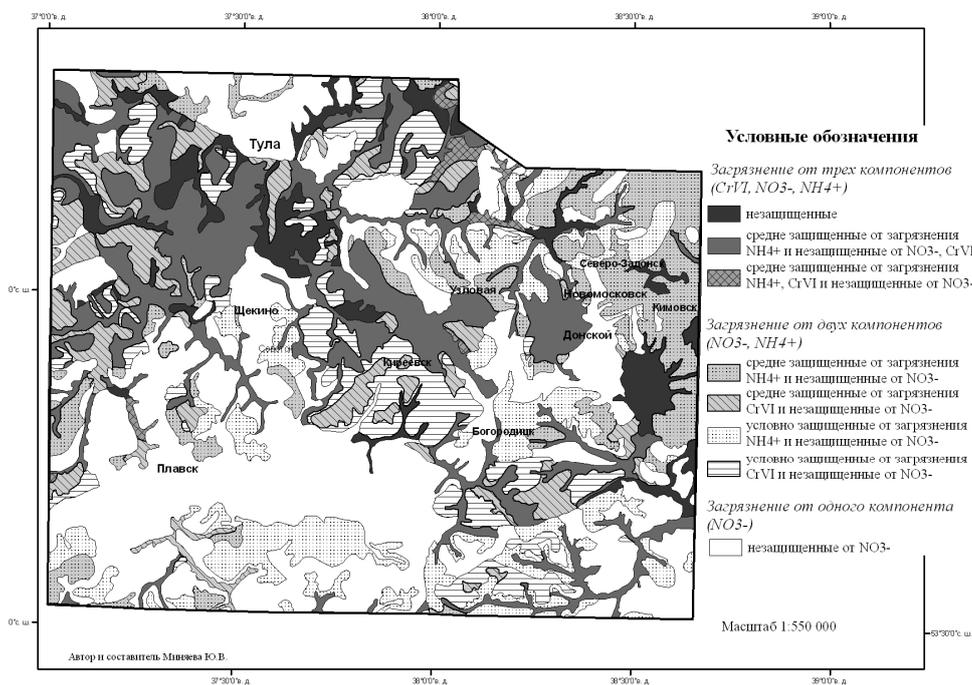


Рис. 1. Карта защищенности подземных вод от многокомпонентного загрязнения в естественных условиях

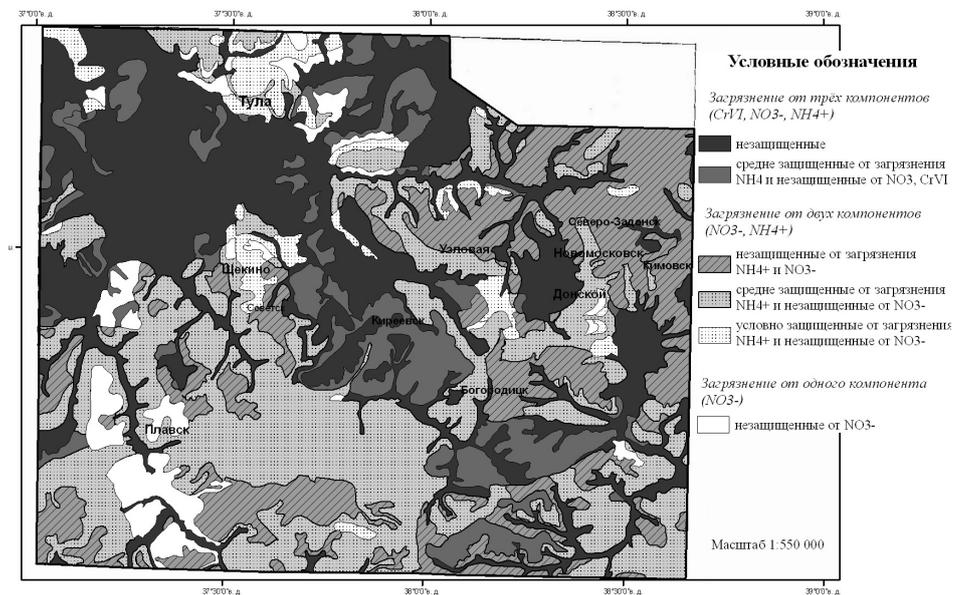


Рис. 2. Карта защищенности подземных вод от многокомпонентного загрязнения в нарушенных условиях

Проведенное районирование показало насколько меняется защищенность подземных вод при интенсивном освоении территории, а также высокую значимость параметра инфильтрационного питания. Использование для оценки защищенности увеличенных значений инфильтрационного питания дает прогнозную оценку защищенности подземных вод в нарушенных условиях, а также в этом случае более достоверно оценивается истинное время проникновения загрязнения в подземные воды в период интенсивного питания (снеготаяние, ливневые дожди). В связи с этим при более детальных расчетах предлагается для интенсивно освоенных районов использовать для определения времени проникновения любого ЗВ значение W как для участков орошения. А W равное средней по площади естественной инфильтрации применять только для районов с ненарушенным режимом в случае прогнозов их развития, обуславливающего возникновение или увеличение на них техногенного воздействия.

Литература

1. Белоусова А.П. Ресурсы подземных вод и их защищенность от загрязнения в бассейне реки Днепр и отдельных его областях: Российская территория / Под ред. И.С. Зекцера. М.: ЛЕНАНД, 2005. 168 с.
2. Гидрогеология СССР. Т. I. М.: Недра, 1966. 408 с.
3. Зекцер И.С. Подземные воды как компонент окружающей среды. М.: Научный мир, 2001. 327 с.
4. Миняева Ю.В., Каримова О.А. Оценка защищенности подземных вод двумя независимыми подходами и анализ их применимости // Гидрогеология и карстоведение: межвуз. сб. науч. тр. / Перм. гос. ун-т. и др. Пермь, 2009. Вып. 18. 314 с.: ил.
5. Паиковский И.С. Тр. конф. «Современные проблемы гидрогеологии и гидромеханики». СПб.: СПГУ, 2002. С. 122.
6. Шестаков В.М., Поздняков С.П. Геогидрология. М.: ИКЦ (Академкнига), 2003. 176 с.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНОГО МНОГОУРОВНЕВОГО ПАРКИНГА В ХОРОШО ВОДОПРОНИЦАЕМЫХ ГРУНТАХ, ГИДРАВЛИЧЕСКИ СВЯЗАННЫХ С НЕВОЙ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

**Ф.П. Стрельский¹, Ю.И. Кутепов¹, А.И. Осокин², Д.В. Быстров²,
Л.К. Смирнов³**

¹ ООО НПФ «КАРБОН», 199106, г. Санкт-Петербург, ВО 22-линия, д. 3, кор. 6.

E-mail: koutepovy@mail.ru

² ЗАО «ГЕОСТРОЙ», 191180, Санкт-Петербург, Загородный р. 27/21. E-mail: info@geostroy.ru

³ ОАО «ЛенТИСИЗ», наб.р.Фонтанки, д.113А. E-mail: info@lntisiz.ru

При развитии городских территорий Санкт-Петербурга, строительстве объектов транспортной инфраструктуры и освоении подземного простран-

ва в исторической части города приходится сталкиваться с различными сложными гидрогеологическими условиями, которые должны учитываться при проектировании и выборе геотехнических методов ведения работ.

При проектировании и производстве работ по устройству глубоких котлованов в условиях городской застройки важным обстоятельством, определяющим технологические требования, состав и последовательность экскавационных работ является безопасность выполнения всего цикла подземных работ для окружающей застройки, существующих подземных коммуникаций, возводимых конструкций подземной части здания.

Вопросы безопасности обеспечиваются комплексным подходом, который включает анализ инженерно-геологических и гидрогеологических условий площадки строительства, выполнение расчетного обоснования и экспертный анализ возможных вариантов ограждения котлована, обеспечения устойчивости откосов. При таком подходе разработка проектного решения должна осуществляться с учетом уже имеющегося положительного опыта подземного строительства с использованием современных геотехнологий, принимая во внимание в качестве ключевых критерии высокой надежности, технологичности и экономической целесообразности. Одним из непреложных условий безопасного выполнения геотехнических и фундаментных работ, связанных с откопкой глубоких котлованов, является организация и осуществление в период всего строительства научно-технического сопровождения, состоящего из гидрогеологического сопровождения и геотехнического мониторинга с привлечением научных специализированных организаций.

Одной из специфических площадок строительства оказалось площадка возведения административного здания с многоуровневым подземным пространством в центральной части Санкт-Петербурга с глубиной откопки котлована 13,5 м (прямки под оборудование – до 15,3 м) в непосредственной близости от р. Невы.

Согласно данным исторической карты гидрографической сети города и островов дельты р. Невы на месте строительства располагалась заболоченная территория с прудами, засыпанными в XIX в. В геологическом отношении с поверхности земли до глубины 0,6–4,5 м участок перекрыт техногенными насыпными грунтами, неоднородными по составу и плотности. Под насыпными грунтами залегает толща озерно-морских отложений (mIV), которые представлены песками пылеватыми, мелкими, средней крупности, крупными и гравелистыми, а также суглинками пылеватыми текучепластичными. Пески имеют по данным зондирования среднюю плотность сложения. Мощность толщи песчаных отложений составляет 15,5–18,3 м. Вся она находится в водонасыщенном состоянии. Согласно проведенным исследованиям, пески средней крупности и крупные отнесены к сильно-проницаемым грунтам. Под слоем озерно-ледниковых отложений на глубине 18,5–22,8 м залегают ледниковые отложения лужской морены (gIIIz), представленные супесями пылеватыми, пластичными с включениями гравия, гальки и валунов кристаллических пород. По данным проведенных исследований, мощность ледниковых отложений на участке строительства составляет до 30,4 м.

Разность отметок поверхности участка строительства составляла до начала строительных работ до 2,0 м с уклоном в сторону р. Невы. (абс. отм. 1,80–3,80 м). Уровень воды в р. Неве вблизи участка колеблется около абсолютной отметки 0,8 м. Уровень подземных вод на участке строительства гидравлически связан с уровнем воды в р. Неве, но расположен немного выше – на абсолютных отметках от 0,8 до 1,14 м.

Устраиваемый котлован имеет в плане размеры 50х70 м², максимальную глубину – 15,3 м и сооружался под защитой конструкции «стена в грунте» толщиной 800 мм, которая устраивалась до глубины 25 м.

При выполнении строительных работ по созданию котлована на глубине 7,9 м произошел прорыв водонасыщенной песчаной массы объемом до 150 м³ с подтоплением части котлована и с образованием мульды сдвижения во внешней зоне рядом с ней. Параметры мульды, которая вышла за границы строительной площадки и развилась на проезжей части набережной, составили: ширина до 15 м, длинна около 10 м, глубина (максимальная) – 0,29 м. На момент прорыва фактический водоприток в котлован составил от 600 до 700 м³/сут. Отмечено, что поступление воды в котлован происходит в виде восходящих потоков, разгружающихся на дне котлована с образованием «грифонов» на расстоянии от 1,5 до 3,5 м от ограждения котлована. Ликвидация прорыва осуществлена пригрузом дна котлована мешками с песком в объеме, достаточном для предотвращения дальнейшего развития данного гидрогеомеханического процесса. Разработка мероприятий по безопасным условиям дальнейшего строительства котлована и подземного паркинга потребовала проведения дополнительного объема гидрогеологических работ и исследований, в выполнении которых принимали участие ЗАО «ЛенГИСИЗ» и ООО НПФ «КАРБОН». Мероприятия включали наблюдения за напорами и притоками воды, а так же их гидрогеологический и гидрогеомеханический анализ и прогноз с использованием численного моделирования.

По результатам инженерных изысканий установлено, что приповерхностная часть участка строительства, которая сложена насыпными грунтами, имеет коэффициент фильтрации от 2 до 5 м/сут. Однако, при анализе фактических водопритоков в котлован на разработанной гидродинамической модели объекта было установлено значения коэффициентов фильтрации, значительно превышающие эти значения. Залегающий ниже по разрезу комплекс озерно-морских послеледниковых отложений, включающий переслаивание песков (от мелкозернистых до крупнозернистых), гравия и пылеватых супесей, имеет изменяющийся коэффициент фильтрации для пород комплекса от 0,1 до 54 м/сут, а по анализу фактических притоков в котлован составил в среднем 15 м/сут. Расположенные в нижней части геологического разреза ледниковые пылеватые супеси Лужской морены имеют коэффициент фильтрации, определенный по результатам лабораторных исследований – 0,01 м/сут. По результатам полевых опытно-фильтрационных работ, включавших налив и откачку в одиночную скважину, средний коэффициент фильтрации ледниковых супесей оказался равным $2,2 \times 10^{-4}$ м/сут. Следовательно, при раз-

работке гидродинамической модели отложения Лужской морены рассматривались нами как относительный водоупор.

В процессе гидрогеологического сопровождения, включающего мониторинг водопритоков в котлован, установлено, поступление воды в котлован происходит через его дно и обуславливается несовершенством завесы, функцию которой должно выполнять ограждающая котлован конструкция. Анализ водопритоков показал, что поступление воды в зону откопки происходит, главным образом, через возможные нарушения целостности ограждающей конструкции, и особенно, в ее нижней части, на участках распространения сильно-проницаемых грунтов. На гидродинамической модели котлована был установлен осредненный коэффициент фильтрации «стены в грунте», равный 0,11 м/сут. Возможное образование дефектов в нижней части ограждающей конструкции, так называемых гидравлических «окон», объясняется отсутствием достаточной исходной гидрогеологической информации и осложнениями, возникающими при проходке траншеи в несвязном водонасыщенном грунте с высоким коэффициентом фильтрации – до 54 м/сут. Это требует специальных мер по стабилизации окружающего выработку грунта за счет специальных утяжеляющих добавок в бентонитовый раствор, либо проведение предварительной кольматации указанных слоев сильно проницаемых грунтов глинисто-цементными суспензиями до начала устройства конструкции «стена в грунте».

Несвязный грунт может перемещаться восходящим потоком воды вертикально вверх при критическом градиенте напора $I_{кр}$, который определяется по зависимости К. Терцаги: $I_{кр} = (\gamma - \gamma_0)(1 - n) / \gamma_0$, (где: γ – плотность частиц грунта, γ_0 – плотность воды, n – пористость породы в долях единицы). Градиент напора I является отношением разности (перепада) напоров ΔH на пути фильтрации l ($I = \Delta H / l$). В рассматриваемом случае перепад напоров равен высоте столба воды у внешней стороны «стены» над дном котлована. При решении практических задач можно считать, что градиент, при котором может произойти выпор, обычно чуть больше единицы (1,1 – 1,2). При известной величине напора воды на внешней стороне ограждающей конструкции по отношению к отметке дна котлована позволяет несложным вычислением оценить величину пути фильтрации воды при случившемся выпоре. Данная методика может быть полезна и в случаях когда, ограждающая конструкция имеет по высоте дефекты – гидравлические «окна». Так, глубина дефекта в «стене», спровоцировавшего выпор, равна длине пути фильтрации за вычетом толщины «стены». Такая методика позволяет быстро оценивать глубину дефекта в «стене» и целенаправленно производить инъекционную герметизацию установленного дефекта через специальные скважины с внешней стороны ограждающей конструкции либо через устройство специальных инъекционных скважин через массив конструкции «стена в грунте».

Методика герметизации протечек в ограждающей конструкции в условиях хорошо водопроницаемых грунтов заключена в создании локальных или площадных противofiltrационных завес с использованием технологии вы-

соконапорной инъекции «Jet Grouting», когда массив грунта обрабатывается и закрепляется цементным раствором под давлением 600 Bar с восстановлением сплошности ограждающей конструкции.

В условиях хорошо водопроницаемых грунтов возникает ситуация, когда самые большие градиенты возникают в пристенной зоне ограждения котлована при фильтрации непосредственно у самого дна котлована. При фильтрации через дно котлована, вдали от ограждающей конструкции, градиенты напоров измеряются не более, чем первыми десятками долями единицы (см. табл. 1). При таких малых градиентах напоров в потоке воды, фильтрующейся вертикально вверх через дно котлована, несколько снижаются эффективное напряжение в скелете грунта и плотность грунта на дне котлована.

Таблица 1

**Градиенты напоров при фильтрации воды в котлован
через «стену в грунте» и через дно**

№ п.п.	Глубина котлована, м	Понижения уровня воды, м	Максимальные градиенты напора	
			на «стене»	на дне
1	2,3	0	0,00	0,00
2	4	1,7	0,50	0,01
3	6	3,7	2,67	0,05
4	8	5,7	4,60	0,10
5	10	7,7	6,46	0,13
6	13,5	11,7	9,57	0,16

При идеальной непроницаемости «стены в грунте», водоприток в котлован не должен превышать 23 м³/сут. В принятом техническом решении с глубиной ограждающей конструкции 25 м он фактически оказался достаточно большим. Исходя из производственных задач по строительству здания, в рамках гидрогеологического мониторинга с помощью численного моделирования выполнялись оперативные прогнозы водопритоков в котлован для условий полностью открытого дна и при среднем коэффициенте фильтрации ограждающей конструкции, равном 0,11 м/сут. Прогнозируемые водопритоки к различным участкам котлована при разных его глубинах показаны в табл. 2. Они мало отличались от фактических водопритоков. Например, при максимальной глубине дна котлована 13,5 м прогнозный водоприток равен 3090 м³/сут, а установившийся фактический водоприток – 3600 м³/сут.

Использование технологии «стена в грунте», даже при значительных водопритоках в котлован, позволяет обустройства глубокие подземные пространства в условиях весьма водообильных грунтов вблизи водоемов с неограниченными запасами воды при достаточно низких понижениях естественных уровней подземных вод на окружающих территориях. Так, по результатам режимных наблюдений за уровнями воды в наблюдательных скважинах, расположенных вдоль всего периметра котлована в нескольких метрах от внешней стороны «стены в грунте», уровень воды вокруг котлована при

водопритоке в котлован 3600 м³/сут, составило всего около одного метра. Этот результат достигнут благодаря тому, что «стена» была заглублена в водоупор, и все водопонизительные скважины и иглофильтровые установки были оборудованы внутри котлована.

Таблица 2

Распределение водопритоков в котлован по его сторонам при различных глубинах дна в м³/сут

№ п.п.	Глубина котлована, м	Понижения уровня воды, м	Максимальные градиенты напора	
			на «стене»	на дне
1	2,3	0	0,00	0,00
2	4	1,7	0,50	0,01
3	6	3,7	2,67	0,05
4	8	5,7	4,60	0,10
5	10	7,7	6,46	0,13
6	13,5	11,7	9,57	0,16

В результате можно отметить следующее:

1. Гидрогеологическое сопровождение позволило оперативно выявлять причины водопроявлений и прогнозировать водопритоки в котлован, огражденный по технологии «стена в грунте».

2. При гидрогеологическом сопровождении технология «стена в грунте» может использоваться для ограждения глубоких котлованов в несвязных водообильных грунтах с коэффициентами фильтрации до 15 м/сут и более.

3. «Стена в грунте» может быть проницаемой и иметь нарушения сплошности, через которые возможны выпоры грунта в котлован. Предложена методика обнаружения и ликвидации таких нарушений.

4. Осушение котлована, огражденного «стеной в грунте» целесообразно производить только посредством водопонизительных скважин или иглофильтровых установок, оборудованных внутри котлована.

5. Использование технологии «стена в грунте» позволяет обустривать глубокие подземные пространства в условиях весьма водообильных грунтов при достаточно низких понижениях естественных уровней подземных вод на окружающих территориях.

6. Строительство котлованов в водообильных грунтах, ограждаемых по технологии «стена в грунте», целесообразно осуществлять при гидрогеологическом сопровождении, включающем наблюдения, анализ и прогноз водопритоков и выпоров грунта в котлованы, а так же напоров воды вокруг них с использованием численного моделирования.

ТЕХНОГЕНЕЗ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОСФЕРЫ КАЗАНИ

Р. Х. Сунгатуллин

Казанский (Приволжский) федеральный университет, 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18.
E-mail: Rafael.Sungatullin@kpfu.ru

Для многих урбанизированных и техногенно–преобразованных территорий назрела необходимость изучения природных и антропогенных процессов в геологическом пространстве. Техногенные процессы отличаются от природных большей непредсказуемостью, так как в число факторов, провоцирующих изменения, входят и малоизученные процессы (из-за своей необычности) для окружающего геологического пространства. Поэтому первостепенное значение приобретает анализ и отражение общих закономерностей хозяйственной деятельности на ход природных геологических процессов. Влияние техногенных факторов на природные особенности геологического пространства значимо сегодня преимущественно для локального уровня. Отсюда, экологические построения и прогнозы прикладного плана актуальны для сравнительно небольших территорий, которые включают городские агломерации, промышленные предприятия, места добычи полезных ископаемых и складирования антропогенных отходов. Так, например, в крупных городах гиперконцентрация разнопрофильных производств, перенасыщенная транспортная сеть, колоссальные объемы промышленных и бытовых отходов порождают огромные нагрузки на все компоненты окружающей среды, вызывая подчас в них необратимые изменения, а зачастую приводят к экологическим катастрофам.

В Республике Татарстан к промышленно-урбанизированным территориям, на которых происходят тесные взаимодействия природных и техногенных процессов, относится Приказанский район. Именно здесь наблюдается аномально высокий уровень техногенной нагрузки на геологическое пространство, связанный с разработкой месторождений твердых полезных ископаемых, эксплуатацией многочисленных водозаборов, влиянием Куйбышевского водохранилища и др. Основным урбанистическим объектом является г. Казань с численностью жителей более 1,2 миллиона человек и разнообразными промышленными (химические, авиастроительные, оборонные, ТЭЦ) объектами.

Гидросфера обычно оперативно откликается на изменение техногенного пресса [7]. Например, значительное влияние на динамический режим и состав подземных вод Приказанского района оказало создание Куйбышевского водохранилища в середине прошлого века. При нарушении естественных условий образовалась зона шириной 2- 3 км подпора подземных вод, в результате чего замедлилась скорость их движения, увеличилась минерализация и усилилась агрессивность вод и, соответственно, интенсифицировались кар-

стовые и оползневые процессы в пермских породах [2-4]. Здесь же произошло подтопление территорий, промышленных и жилых сооружений. Кроме того, в результате сверхэксплуатации месторождений подземных вод на крупных водозаборах Казани формируются депрессионные воронки, происходит нарушение динамического режима (уровней, дебитов) подземных вод, изменяется их химический состав и условия взаимодействия с поверхностными водами.

Таблица

Трансформация химического состава подземных вод Казани за период 1936-2011 гг., мг/л

Временные этапы	Сухой остаток	Общая жесткость, мг-экв./л	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	$\text{Fe}_{\text{общ.}}$
1936-1955	640	9	405	103	48	125	31	33	0,02
1955-1961	772	19	458	143	31	–	–	–	2,8
1962-1970	2189	32	401	1233	70	411	122	71	3,1
1971-1990	2210	33	384	1312	67	521	85	–	1,9
1991-2000	2283	34	324	1467	39	–	–	–	1,9
2001-2011	2244	33	318	1288	60	496	105	42	2,4

Примечание: прочерк – нет сведений.

В подземной гидросфере Казани сегодня отсутствует природная гидрохимическая зональность, которая выражается в следующей смене сверху вниз типов вод ($\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$)→($\text{SO}_4\text{-Ca-Mg}$)→($\text{Cl-SO}_4\text{-Ca-Mg-Na}$)→(Cl-Mg-Na). Это обусловлено, в основном, заполнением Куйбышевского водохранилища и подъемом уровня подземных вод, которые замедлили водообмен между приповерхностными водоносными горизонтами и способствовали подтоку минерализованных вод снизу, а также резким ростом промышленной деятельности в 60-80-е годы прошлого столетия (индустриальный этап развития города) с поступлением в подземную гидросферу «сверху» дополнительных химических компонентов. Данные факторы трансформировали природный химический состав подземных вод и привели к формированию водоносного техногенного ареала [6] с совершенно новым качественным и количественным соотношением химических компонентов в подземных водах (таблица). В техногенном ареале происходит образование и распространение новых типов подземных вод, включая априродные и азональные (дестратификационные) воды. Например, техногенную вертикальную гидрохимическую зональность на территории города можно описать следующим образом (сверху вниз) ($\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Na}$)→($\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Mg-Ca}$)→($\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Na-Mg-Ca}$)→($\text{SO}_4\text{-Ca}$).

Ретроспективный анализ изменения содержаний основных компонентов подземной гидросферы в Приволжском районе г. Казань (табл.) показал,

что до середины XX века состав вод формировался за счет природных особенностей гидrolитосферного пространства. Так, сухой остаток не превышал 1 г/л, среди анионов преобладал гидрокарбонат-ион, а среди катионов – кальций. Общая жесткость вод составляла около 9 мг-экв./л. Существенные изменения произошли при заполнении Куйбышевского водохранилища в 1955-1957 гг. В течение 5-6 лет гидросфера адаптировалась к поднимаемому уровню поверхностных и подземных вод. В данный период повысились общая жесткость вод (в 3 раза) и содержания железа (в 100 раз), увеличилось в 1,5 раза содержание сульфатов и незначительно – сухой остаток (см. табл.). Самое существенное изменение подземной гидросферы на рассматриваемой территории произошло в начале 60-х годов прошлого столетия. Антропогенно-измененный (нарушенный) период, который продолжается уже более 50-ти лет, отразился в значительном увеличении сухого остатка (в 5 раз по сравнению с природным периодом), общей жесткости (в 4 раза), железа (в 50-150 раз), сульфатов (в 10 раз). С 60-годов прошлого века и по настоящее время, отмечается этап стабилизации химического состава подземных вод, для которого характерны повышенные минерализация (2-2,5 г/л) и общая жесткость (25-40 мг-экв./л), высокие содержания сульфат-иона (1-2 г/л) и железа (2-3 мг/л).

Анализ современного состояния техногенно-преобразованных подземных вод с позиций возможностей их самоочищения показал, что данная способность вод отражает, скорее всего, функции самоорганизации живых и косных систем с сохранением их устойчивости по отношению к антропогенному воздействию [8]. Однако по многим веществам происходит необратимая трансформация химического состава подземных вод [5], что подтверждает вывод о стабильности в перспективе химического состава подземных вод. Например, прогноз распределения основных компонентов в подземных водах Приказанского района показал, что в будущем химический состав вод сохранится, т. к. растворы сульфатных солей, преимущественно отвечающих за химический состав подземных вод в данном районе, относятся к очень стойким и медленно распадающимся соединениям: время их распада составляет десятки и сотни лет [1].

Таким образом, здесь существуют сложные процессы техногенного изменения состава подземной гидросферы за счет заполнения Куйбышевского водохранилища, интенсивного водоотбора, проходки скважин разного назначения, строительства метро, прокладки коммуникаций и др. Выполненный ретрогностный и прогнозный анализы качества подземных вод Казани, а также данные многолетней эксплуатации крупных водозаборов свидетельствуют о современной стабильности параметров подземной гидросферы, связанной с ее адаптацией к последствиям техногенного воздействия.

Литература

1. Гольдберг В.М. Природные и техногенные факторы защищенности грунтовых вод и ее оценка // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1983. Т. 58. Вып. 2. С. 103-110.

2. *Кавеев М.С.* Изменение химизма подземных вод в зоне влияния Куйбышевского водохранилища в пределах Татарской АССР // Материалы 1 научно-технического совещания по изучению Куйбышевского водохранилища. Вып. 4. Куйбышев, 1963. С. 31-35.
3. *Каюков П.Н.* Основные закономерности в режиме подземных вод Среднего Поволжья, их изменения под влиянием Куйбышевского водохранилища // Труды Казанского геологического института. Вып. 24. Казань, 1969. С. 144-148.
4. *Котлов Ф.В.* Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека. М.: Недра, 1978.
5. *Крайнов С.Р., Фойгт Г.Ю., Закутин В.П.* Геохимические и экологические последствия изменений химического состава подземных вод под влиянием загрязняющих веществ // Геохимия. 1991. № 2. С. 169-182.
6. *Сунгатуллин Р.Х.* Влияние техногенеза на формирование современных кор выветривания и водоносных ареалов // Геоэкология. 2010. № 5. С. 494-502.
7. *Сунгатуллин Р.Х., Хазиев М.И.* Системный подход при изучении гидросферы на промышленно-урбанизированных территориях // Геоэкология. 2009. № 1. С. 19-31.
8. *Хаустов А.П.* Устойчивость подземной гидросферы и основы экологического нормирования. М.: ГЕОС, 2007.

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОЛИЗНОГО И ГЛИНОЗЕМНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА КАЧЕСТВО ПОДЗЕМНЫХ ВОД И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРУНТОВ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ

О.Ю. Ширинкин¹, В.А. Елохин²

¹ ООО НПФ «ГеоС», г. Екатеринбург, ул. Основинская, 7.

Email: shirinkin_ku@mail.ru,

² УГГУ, кафедра ГлЗЧС, 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.

Email: elokhin.v.a@mail.ru

Участок исследований охватывает территорию Уральского алюминиевого завода (УАЗа) площадью 160 га, расположенного в юго-восточной части г. Каменск-Уральского Свердловской области.

Рельеф заводской территории повсеместно спланирован или нарушен. Абсолютные отметки поверхности изменяются в пределах 150-160 м. Незначительное общее понижение рельефа наблюдается в сторону р. Исеть.

Инженерно-геологические изыскания выполнены для разработки инженерных мероприятий по усилению оснований и фундаментов и восстановлению условий нормальной эксплуатации зданий и сооружений электролизного и глиноземного производства УАЗа.

За период эксплуатации завода инженерно-геологические условия территории претерпели значительные изменения, а здания и сооружения – различные деформации и разрушения. Для установления взаимосвязей между этими процессами были изучены: геологическое строение территории, гидро-

геологические условия промплощадки, свойства грунтов оснований, степень их агрессивности к строительным материалам, развитие современных физико-геологических процессов и явлений.

Промплощадка УАЗа приурочена к зоне развития эффузивных пород кислого и основного состава (риолитов и базальтов) палеозойского возраста, выветрелых в верхней части разреза до состояния крупнообломочного и глинистого материала и перекрытых толщей аллювиально-делювиальных песчано-гравийно-глинистых отложений мелового и четвертичного возраста. С поверхности вся заводская территория покрыта современными техногенными образованиями.

Подземные воды на территории УАЗа имеют повсеместное распространение и формируют два водоносных горизонта.

Первый водоносный комплекс меловых и четвертичных отложений приурочен к гравийным, песчано-глинистым и техногенным отложениям и относится к зоне активного водообмена. Подземные воды грунтовые, пластово-поровые, открытого типа. Водовмещающие породы перекрыты проницаемыми техногенными образованиями и маломощным слоем слабопроницаемых аллювиально-делювиальных отложений. Водоупором являются глинистые породы.

Второй водоносный комплекс нерасчлененных палеозойских пород приурочен к трещиноватым эффузивам основного состава относится к зоне затрудненного водообмена. Подземные воды напорные трещинного типа. Водовмещающие породы перекрыты мощной толщей мезозойских глинистых пород. Подземные воды данного комплекса вскрываются на глубинах 8,5-16,0 м.

Связь водоносных комплексов затруднена из-за экранирующей роли элювиальных глинистых пород. Но на отдельных участках существуют гидрогеологические «окна», через которые осуществляется взаимосвязь.

Режим подземных вод первого водоносного комплекса преимущественно искусственный, определяющую роль в его формировании имеют техногенные факторы. Заметного колебания уровня подземных вод в периоды интенсивного выпадения осадков не отмечается. Минимальное положение уровня отмечается в периоды зимней (декабрь-февраль) и летней (июль-август) межени, максимальное – в периоды весеннего паводка (апрель-май). Годовая амплитуда колебания уровня подземных вод на участках с интенсивным техногенным питанием составляет 0,2-0,65 м, на участках с преобладающим естественным питанием она составляет 0,8-2,6 м. Аномальные отклонения уровня связаны с техногенными утечками из инженерных коммуникаций.

Вследствие деятельности предприятия естественный гидрохимический режим подземных вод на изучаемой территории нарушен. Это выражается в повышенной общей минерализации подземных вод, повышенной концентрации и неравномерном распределении, как в плане, так и по глубине отдельных компонентов.

Химический состав подземных вод на промплощадке весьма неоднородный и в значительной степени зависит от видов производства и технологических процессов.

Так на площадке электролизного производства воды гидрокарбонатно-сульфатно-натриево-кальциевые с минерализацией от 0,7 до 48,6 г/л. Температура воды в скважинах вблизи корпусов достигает +70°C. На территории глиноземного производства по данным (УралТИСИЗ) воды гидрокарбонатно-хлоридные, гидрокарбонатно-сульфатные, натриево-кальциевые с минерализацией от 0,4 до 95,8 г/л, щелочные.

По степени минерализации подземные воды в основном слабо- и сильносолоноватые, а на участках с интенсивной инфильтрацией технологических растворов подземные воды достигают концентрации рассолов.

Высокая минерализация, загрязнение подземных вод щелочами, органическими примесями свидетельствуют о преобладании техногенных режимообразующих факторов гидрохимического состава, что обусловило агрессивность подземных вод по отношению к строительным материалам и конструкциям. Степень агрессивности подземных вод следующая:

- к бетону нормальной проницаемости – средняя;
- к алюминиевым оболочкам кабелей – высокая;
- к свинцовым оболочкам кабелей – высокая.

На протяжении инженерного освоения территории и эксплуатации завода на промплощадке развивались физико-геологические процессы техногенного характера. Планировка территории: выемка, перемещение, обратная засыпка грунтов привели к изменению природного рельефа, образованию мощной толщи насыпных грунтов, ликвидации естественных дренажей и, как следствие, – к нарушению условий поверхностного стока, образованию техногенной верховодки. Площадное асфальтирование и бетонирование территории привели к снижению величины испарения и, как следствие, – к подъему уровня грунтовых вод.

Технологический процесс электролизного производства изменил тепловой режим и температуру грунтов и, как следствие, повлиял на физические свойства грунтов оснований.

«Мокрый» технологический процесс глиноземного производства за счёт инфильтрации сточных вод привёл к изменению режима и химического состава подземных вод, образованию техногенной верховодки и, как следствие, повлиял на физико-химические свойства грунтов оснований.

В результате многолетнего развития перечисленных процессов естественные инженерно-геологические условия изучаемой территории были нарушены, грунты оснований приобрели новые, специфические свойства. Вышеописанные процессы явились первопричиной к возникновению деформаций и разрушений строительных конструкций и элементов зданий и сооружений Уральского алюминиевого завода.

На территории электролизного производства грунты под воздействием технологических процессов подвержены значительному прогреву. Непосредственно под корпусами температура грунтов достигает +70°C.

По результатам термокаротажных работ в скважинах наиболее интенсивному тепловому воздействию подвержены грунты, залегающие в интервале глубин 6,0-10,0 м, т.е. ниже глубины заложения фундаментов корпусов и технологического оборудования, где температура грунтов превышает +40°C.

Грунты оснований, имеющие высокую влажность и находящиеся в водонасыщенном состоянии, обладают высокой теплопроводностью и теплоемкостью. Теплота, сообщаемая грунту, согласно первому закону термодинамики, расходуется на изменение его внутренней тепловой энергии и на работу, связанную с расширением грунта. Грунты при изменении температуры способны изменять свои размеры (термическое расширение). Выполненные расчеты термического расширения грунтов показали, что прямой связи между температурой (тепловой энергией) грунта и его работой в системе «сооружение-основание» не устанавливается, возможно, лишь отчасти, косвенное влияние её на механические свойства (через изменение влажности) и электрические свойства грунтов.

Грунты оснований обладают электропроводностью, характеризующейся величиной удельного электрического сопротивления, которое зависит от вида, состава, структурно-текстурных особенностей, влажности грунтов, концентрации порового раствора (у засоленных грунтов электрическое сопротивление снижается) и, в значительной степени, от температуры.

Электропроводность грунтов, определяющая степень их коррозионной активности по отношению к подземным стальным конструкциям, изучалась лабораторными методами.

Грунты промплощадки подвергаются постоянному техногенному загрязнению путем инфильтрации в них высокоминерализованных поверхностных вод и технологических растворов. В ходе исследований установлено, что засоление грунтов промплощадки развивается неравномерно по площади и глубине. Общего засоления грунтов не наблюдается, оно происходит пятнами: выявлены отдельные участки засоленных грунтов на территории глинозёмного производства.

Процесс накопления растворимых соединений является вторичным в давно сформировавшихся породах. Поэтому форма, размеры и характер распространения солей определяются составом и структурно-текстурными особенностями вмещающих грунтов. Засолению подвержены, главным образом, глинистые породы и, в значительно меньшей степени, песчано-гравийные разности.

Максимальная концентрация водорастворимых соединений наблюдается ниже уровня подземных вод, растворяющая способность которых невелика из-за постоянного искусственного насыщения фильтрационного потока солями. Следовательно, идёт постоянное накопление солей в грунтах, а суффозионная осадка не происходит.

Открытые формы соленакопления (в виде прослоев, линз, натеков) отсутствуют. Качественный состав водорастворимых соединений представлен карбонатами (NaHCO_3 , NaCO_3) и, в значительно меньшей степени, сернокислыми (NaSO_4) и хлоридными (NaCl) солями натрия.

Засоление грунтов определяет новые (неблагоприятные для оснований сооружений) качества и свойства грунтов и связанные с ними процессы:

- набухание грунтов обусловленное их засолением и развивающееся под воздействием осмотических, адсорбционных и капиллярных сил;
- повышенная электропроводность, активизирующая электрохимическую коррозию металлов в грунтах;
- повышенная агрессивность грунтов к материалам строительных конструкций (химическая коррозия);
- возможность образования суффозионной осадки грунтов за счет выщелачивания солей при длительной фильтрации воды (в случае исключения техногенного засоления подземных вод).

Осмоз представляет собой диффузию растворителя (воды) и состоит в передвижении растворителя (воды) от участков с меньшей засоленностью грунта к участкам с большей засоленностью до установления равновесия в системе в результате выравнивания концентраций. Наряду с нормальным осмосом на участке электролизного производства под воздействием внешнего электрического поля, вероятно, происходит и электроосмос в грунтах.

Наиболее интенсивно осмотические явления проявляются в глинистых грунтах, т. к. скорость осмотического движения воды значительно превосходит скорость фильтрации.

Основными факторами, определяющими характер набухания грунтов, являются:

- минералогический состав (содержание в глинах минералов группы монтмориллонита, имеющих подвижную кристаллическую решетку и обладающих внутрикристаллическим набуханием);
- состав обменных катионов (наиболее подвержены глины, содержащие в обменном комплексе значительное количество одновалентных катионов, в данном случае – Na^+);
- влажность грунтов (при циклическом замачивании и высушивании глинистых грунтов, вследствие ослабления структурных связей, увеличиваются набухающие свойства);
- химический состав и концентрация раствора, взаимодействующего с грунтом (интенсивность набухания определяется содержанием электролитов в воде).

Практически все перечисленные факторы характерны для грунтов, лежащих на промплощадке.

Выполненные лабораторные исследования свидетельствуют о том, что все глинистые разновидности грунтов обладают, в различной степени, набухающими свойствами. При понижении влажности у набухающих грунтов происходит обратный процесс – усадка (уменьшение объема грунта при его высыхании).

Высыхание и усадка грунтов возможно:

- при понижении уровня подземных вод (природном или искусственном);
- при воздействии на грунты тепловых источников.

Таким образом, проведенные исследования качества подземных вод и физических свойств грунтов оснований и фундаментов зданий и сооружений электролизного и глиноземного производства Уральского алюминиевого завода позволяют сделать следующие выводы:

1. Электролизное и глиноземное производство оказывает непосредственное влияние на качество подземных вод.

2. Учитывая то, что подземные воды характеризуются наличием загрязняющих веществ в количествах, превышающих ПДК, нестабильностью гидрохимического состава воды, высокой агрессивностью по отношению к строительным материалам и конструкциям, необходимо проводить регулярное гидрохимическое опробование на участке в наблюдательных скважинах и контрольных точках поверхностных водных объектов, в том числе, для оценки эффективности проводимых мероприятий.

3. Засоленность и набухающие свойства грунтов и их проявления являются одной из причин деформаций и разрушений заводских зданий и сооружений.

5. ЗАГРЯЗНЕНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ И ОСВАИВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТОВ ЗОНЫ АЭРАЦИИ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В ПЛАТФОРМЕННЫХ УСЛОВИЯХ (НА ПРИМЕРЕ г. МОСКВЫ И г. ХАЙДЕРАБАДА)

**И.В. Галицкая*, О.Н. Еремина*, Г.И. Батрак*,
К. Rama Mohan**, А. Keshav Krishna****

* Институт геоэкологии им. Е.М.Сергеева РАН, г. Москва

** Национальный исследовательский геофизический институт, г.Хайдерабад, Индия

Введение

В современный период в условиях постоянно ухудшающейся экологической обстановки одной из важнейших проблем является управление подземной гидросферой, базирующееся на результатах оценки закономерностей формирования гидрогеохимических условий и прогнозе их изменения. Особую опасность представляют техногенно нагруженные территории, характеризующиеся резко отличающимися по типам и масштабам воздействий техногенными источниками, обуславливающими поступление различных загрязняющих веществ, в том числе и органических.

Российскими и индийскими учеными в рамках российско-индийского проекта (РФФИ-DST) начаты совместные исследования физико-химических и биогеохимических процессов, определяющих миграцию тяжелых металлов и нефтепродуктов в зоне аэрации и водоносных горизонтах на урбанизованных территориях. Комплекс исследований, который проводится на ключевых участках двух мегаполисов – в Москве и Хайдарабаде, включает: 1) изучение геологического строения, гидрогеологических условий и загрязненности пород и подземных вод; 2) разработку моделей миграции тяжелых металлов и нефтепродуктов в зоне аэрации и водоносных горизонтах, обоснование параметрического обеспечения расчетных моделей; 3) проведение

численных экспериментов по моделированию миграции тяжелых металлов и нефтепродуктов в зоне аэрации; 4) численное моделирование геомиграционных процессов с учетом физико-химических и биогеохимических процессов. Проведение данных работ позволит получить более полные представления о закономерностях миграции загрязняющих веществ в подземной гидросфере районов с различными климатическими, геологическими и гидрогеологическими условиями.

В настоящей статье представлены результаты первого этапа исследований – изучение геолого-гидрогеологических условий и загрязненности грунтов зоны аэрации ключевых участков с целью последующего выявления физико-химических и биогеохимических процессов и оценки их влияния на миграцию загрязняющих веществ.

Геолого-гидрогеологические условия ключевых участков

В целом, территории двух мегаполисов характеризуются как сходством, так и существенным различием геолого-гидрогеологических условий. Сходство территорий обусловлено их расположением в пределах тектонически устойчивых древних докембрийских платформ – Индостанской и Восточно-Европейской, однако геологическое строение и литологический состав грунтов верхней части зоны литосферы изученных районов существенно различается. В районе г.Москвы докембрийский кристаллический фундамент Восточно-Европейской платформы перекрыт мощной толщей палео-мезокайнозойских отложений осадочного чехла; в то время как г. Хайдерабад расположен в пределах щита древней Индостанской платформы, где на дневной поверхности обнажаются архейские и протерозойские формации кристаллического фундамента. Это предопределяет существенно иные условия зоны активного водообмена.

Резко отличающиеся климатические условия средней полосы России и юга Индии, а также особенности техногенной нагрузки на ключевых участках определяют различия в характере загрязненности грунтов зоны аэрации и особенности миграции загрязняющих веществ.

Участок «Марьино» (Москва, Россия), расположен на юго-востоке г. Москвы на левом берегу реки Москвы в пределах территории бывших Люблинских полей фильтрации. Вывозимые на поля фильтрации сброженные осадки сточных вод (ОСВ) представляли собой органоминеральную суспензию, органическая часть которых состоит из углеводов, белков (бактериальная биомасса), липидов, лигнина, гуминовых веществ, воска, хитина, нефтепродуктов. Тяжелые металлы в ОСВ находятся в виде карбонатов, сульфидов, органических комплексов, которые связаны внутриклеточно с бактериальной биомассой. Важнейшая особенность ОСВ – чрезвычайно высокое содержание органического вещества.

В связи с использованием данной территории под жилищное строительство возникла проблема оценки влияния загрязненных пород зоны аэрации на качество подземных водах подольско-мячковского водоносного горизонта, как резервного источника питьевого водоснабжения г. Москвы. Ранее

на основании исследований, проведенных ИГЭ РАН в 2002 г., такая оценка проводилась и были разработаны соответствующие мероприятия по рекультивации полигона. Детальнейшие данные позволили на примере данной территории решать многие методологические и методические задачи.

Климат территории умеренно континентальный. Среднегодовая сумма осадков составляет 633 мм/год. Наиболее интенсивная инфильтрация приурочена к весне, когда осадки выпадают в виде длительных дождей. Снежный покров, в среднем составляя 0,3–0,4 м. удерживается 80–149 дней. Глубина сезонного промерзания почвы зависит от состава грунтов и толщины снегового покрова и достигают 1,2 м. При постоянном снежном покрове глубина промерзания не превышает 0,5–0,6 м.

В геоморфологическом отношении участок расположен в пределах древнеаллювиальных террас р. Москвы, на юго-западном склоне Московской синеклизы палеозойского возраста. В геологическом строении исследуемой территории принимают участие два различных типа пород: докембрийские кристаллические породы фундамента и палеозойские, мезозойские и кайнозойские породы осадочного чехла. Мезозойские отложения в районе представлены не в полном объеме, развиты только юрские отложения, на полноту сохранности которых существенное влияние оказали последующая эрозия и покровные плейстоценовые оледенения. На территории развиты древние эрозионные врезы, в пределах которых глинистые юрские отложения отсутствуют либо сильно редуцированы. Основными водоносными горизонтами являются: “надьюрский” водоносный горизонт в четвертичных песках и залегающие ниже гидравлически связанные водоносный горизонт в баткелловейских песках и супесях и подольско-мячковский водоносный горизонт в среднекаменноугольных известняках. На участках гидрогеологических окон создаются благоприятные условия для быстрого поступления загрязнения из надьюрского в подольско-мячковский горизонт.

Участок «Кукатпалы» (Хайдерабад, Индия). Район Кукатпалы представляет собой один из наиболее плотно населенных и быстро растущих районов Большого Хайдерабада. На протяжении последних десятилетий в районе наблюдался процесс бурного промышленного развития, сопровождавшийся высокой строительной активностью, ростом городского населения, привлечением в регион крупных международных компаний высоких технологий. В районе Кукатпалы сосредоточено большое количество промышленных предприятий, в том числе предприятия химической промышленности, сталелитейные заводы, фармацевтические предприятия, а также предприятия электроники.

С одной стороны, бурная индустриализация и урбанизация многократно увеличили техногенную нагрузку на территорию и породили серьезные экологические проблемы. В промышленной зоне Кукатпалы наблюдается чрезвычайно высокое загрязнение вследствие многолетнего техногенного воздействия процессов урбанизации и индустриализации. Свалки опасных отходов сформированы в случайных местах, промышленные стоки и бытовая канализация изливаются бесконтрольно и произвольно. С другой стороны,

высокие темпы промышленного развития и урбанизация привели к возрастанию потребностей в воде, используемой для питьевого и хозяйственного водоснабжения, а размещение на территории престижных международных центров высоких технологий многократно ужесточили требования к качеству потребляемой воды.

В геологическом отношении территория сложена выходящими на дневную поверхность гранитами архейского возраста, относящимися к гнейсовому комплексу фундамента древней Индостанской платформы. Гранитные массивы часто пересечены долеритовыми дайками и кварцевыми жилами. Вскрытые скважинами первые от поверхности горизонты трещинно-жилвных грунтовых вод являются полунапорными. Питание грунтовых вод – преимущественно атмосферное. Климат города характеризуется как тропический климат саванн со среднегодовыми температурами воздуха 20°C. Засушливый сезон длится 7 месяцев с ноября по май. Большая часть осадков выпадает в сезон дождей – с июня по сентябрь. Среднегодовой уровень атмосферных осадков составляет 896 мм (при диапазоне от 500 до 1100 мм).

Методы и методика исследования

На участке «Кукатпалы» отбор проб производился из поверхностного слоя грунта с глубины 0-40 см, а на участке «Марьино» – как с поверхности грунта (0-5 см) так и из скважин до глубины 25 м. Комплекс исследований грунтов включал определение: на участке «Кукатпалы» – валового содержания As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Se, Th, U, и Zn; на участке «Марьино» валового содержания Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Hg, As, Co, Mn, Mo, Sb, Cr, форм нахождения химических элементов методом вытяжек – ацетатно-аммонийной и кислотной (подвижные формы), содержания нефтепродуктов, бензола, толуола, фенола, бенз(а)пирена, форм азота (общего, минерального, обменного, нитратного) и органического углерода. Статистическая обработка полученных аналитических данных проводилась с использованием компьютерной программы SPSS Software 1995.

Результаты изучения содержания химических элементов в грунтах

Участок «Марьино». Результаты изучения пространственной структуры и интенсивности загрязнения территории показали, что насыпные грунты и подстилающие тело свалки древнеаллювиальные отложения характеризуются полиэлементным загрязнением, причем уровень загрязнения грунтов существенно изменяется как в вертикальном разрезе, так и по площади. Сложная картина распределения элементов в породах зоны аэрации по разрезу и по площади отражает этапы хозяйственного использования территории: функционирование полей орошения, полей фильтрации, обезвоживание осадка сточных вод на иловых площадках, возникновение стихийной свалки после частичной рекультивации территории.

Среди валовых форм тяжелых металлов наиболее высокие концентрации были отмечены для марганца (до 7727 мг/кг), свинца (до 4480 мг/кг), меди (до 2982 мг/кг), цинка (до 1157 мг/кг). Максимальные концентрации элементов обнаружены в насыпных грунтах; на большей части территории от-

мечается тенденция уменьшения концентрации элементов с глубиной. Наиболее опасным является загрязнение рассматриваемой территории свинцом, медью, цинком и никелем – токсичными элементами 1-2 классов опасности с наиболее высоким содержанием в грунтах. Превышение ОДК по свинцу, никелю и меди обнаружено в большинстве проанализированных проб: для свинца – 140 ОДК, для меди – 90,4 ОДК, кадмия – 21,9 ОДК, цинка – 21,0 ОДК. Доля подвижных форм составляла в среднем: меди – 40%, цинка – 44%, никеля – 30%, марганца – 50%, кобальта и хрома – 32%. Значительные процентные содержания легкоподвижных форм данных элементов в валовом составе обусловлены их высокой способностью к формированию сорбированных форм. Содержание других химических элементов (марганца, мышьяка, кобальта, хрома, сурьмы) превышало ПДК (ОДК) не более чем в 5,2 раза. В обобщенном виде геохимическую ассоциацию, характеризующую состав техногенного загрязнения по отношению к фону можно представить в следующем виде (индекс справа от символа химического элемента – максимальная величина K_c): в насыпных грунтах $Pb_{173}Cu_{110}Cd_{37}Zn_{18}Ni_{13}Hg_{6,3}Mo_{2,8}Cr_{2,0}$, в аллювиальных отложениях $Hg_{85}Pb_{45}Cu_{17}Zn_{12}Cd_{12}Mo_8Ni_{4,6}Cr_{2,1}$.

Для участка «Марьино» было также выявлено значительное варьирование содержания нефтепродуктов в грунтах – от 40,0 до 3535,0 мг/кг. Насыпные грунты в большинстве случаев загрязнены и характеризуются низким, реже средним и высоким уровнями загрязнения. В подстилающих аллювиальных отложениях содержание нефтепродуктов или ниже ПДК, или отмечен преимущественно низкий уровень загрязнения (максимальное содержание нефтепродуктов составляет 2-3 ПДК).

Результаты статистической обработки показали, что распределение тяжелых металлов в исследованных грунтах в основном подчиняется логнормальному или экспоненциальному законам распределения. Для качественной оценки силы корреляционной связи использованы соотношения Чэддока, в соответствии с которыми можно выделить следующие группы химических элементов: с тесной связью – (коэффициент корреляции $R_{xy} = 0,7-0,9$) – Pb-Cu, с заметной связью ($R_{xy} = 0,5-0,7$) – Pb-Cd, Ni-Mn, с умеренной связью ($R_{xy} = 0,3-0,5$) – Cd-Cu, Pb-Zn, Cd-Zn, Pb-Co, Pb-Mo, Cu-Ni. В целом для большинства элементов характерна умеренная или слабая корреляционная связь, что может свидетельствовать о разных источниках поступления загрязняющих веществ и необходимости проведения более детального статистического анализа на основе представления об особенностях формирования загрязнения грунтов на разных этапах функционирования данной территории.

Участок «Кукампалы». Концентрации тяжелых металлов в исследованных грунтах изменяются в широких пределах. В образцах грунтов, отобранных в районе исследований, были установлены следующие максимальные концентрации химических элементов: As 14,7 мг/кг, Co 22,9 мг/кг, Cr 80,4 мг/кг, Cu 42,9 мг/кг, Mo 2,16 мг/кг, Ni 54,6 мг/кг, Pb 506,1 мг/кг, Se 2,80 мг/кг, Th 91,3 мг/кг, U 4,65 мг/кг, Zn 161 мг/кг. Высокие концентрации этих элементов обнаружены в местах, прилегающих к промышленным

зонам: сталелитейному, химическому, нефтеперерабатывающему и фармацевтическому заводам.

Факторный анализ позволил выявить сложную линейную корреляцию между концентрациями металлов в грунтах. Элементы, принадлежащие к заданному фактору, определялись факторной матрицей после поворота вари- макс, элементы с высокой корреляцией были сгруппированы в факторы. Фактор 1 имеет большую нагрузку для Ba, Co, Cr, Cu, Mo и Ni; коэффициенты корреляции для элементов этой группы превышают 0,74. Кобальт, никель и хром являются сидерофильными и главными порообразующими элементами. Благодаря своему близкому ионному радиусу они легко входят в структуру железомарганцевых силикатов. Однако повышенное их содержание в исследованных грунтах по сравнению с допустимым предельным содержанием свидетельствует о техногенном вкладе с расположенных рядом промышленных предприятий. Медь и молибден присутствуют в порообразующих минералах как в виде самостоятельных минералов, так и в рассеянном виде, а барий входит в состав силикатов. Содержание бария тесно коррелирует с Co, Cr, Cu, Mo и Ni. Представляется, что такая ассоциация химических элементов отражает литологию района исследований, находящуюся под воздействием природных и техногенных факторов, эти элементы обнаруживаются в составе терригенных флювиальных отложений, перемещенных поверхностным смывом, либо в коренных породах в районах, непосредственно примыкающих к промышленным зонам и жилым кварталам. Фактор 2 имеет нагрузку на As, Cd, и Pb; его значение превышает 0,75, что может быть связано с сельскохозяйственной деятельностью (в частности, с распылением пестицидов в районе исследований). В то же время, факторная нагрузка $> 0,75$ урана и тория в факторе 2 предполагает природное происхождение этих элементов – из материнских пород – гранитов. Гранитные формации района Хайде- рабада отличаются повышенным содержанием урана и тория по сравнению со среднемировым значением для кислых интрузивных пород. Фактор 3 показывает нагрузку Se и Zn выше 0,70. Высокая факторная нагрузка Se и Zn в фактор 3 указывает на техногенную составляющую в седиментации и адсорбции этого элемента глинистыми минералами и карбонатными породами (почвами), образующимися при выветривании коренных пород гранитной формации в изучаемом районе.

Применение статистических методов анализа позволило выявить повышенные концентрации некоторых токсичных металлов, таких как As, Ba, Co, Cr, Cu, Ni, Pb и Zn в грунтах промышленной зоны Кукатпалы, а также получить некоторые данные о содержании радиоактивных элементов, таких как U и Th. При этом установлено, что распределение содержания таких элементов как Cd, Mo и Se не превышает нормы.

Заключение

В результате проведенных исследований на ключевых участках было выявлено существенное техногенное загрязнение грунтов зоны аэрации. Содержание различных токсичных элементов в грунтах зоны аэрации и их рас-

пределение в разрезе и по площади контролируется как природными, так и антропогенными факторами: геолого-литологическими условиями участков, а также спецификой хозяйственного использования этих территорий и источниками поступления загрязняющих веществ в грунт. На следующем этапе были проведены исследования миграции загрязняющих веществ в зоне аэрации с использованием программы HYDRUS-1D. Полученные результаты представлены в статье Т.И. Югановой и др., помещенной в настоящем сборнике.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект №12-05-92692-ИНД_а) и Департамента науки и технологии Индии).

О НЕОБХОДИМОСТИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ КАРЬЕРОВ (НА ПРИМЕРЕ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Л.П. Грибанова, Н.П. Подлесных, Р.М. Фахреев

НПО «НОЭКС», Россия, 141281, Московская обл., г. Ивантеевка, ул. Кирова, д. 3а.
E-mail: noeks@yandex.ru

Министерство природных ресурсов и экологии РФ в настоящее время уделяет большое внимание ликвидации накопленного экологического ущерба на территории России и планирует потратить на эти цели в 2014 г. 2,9 млрд руб. Среди решаемых задач – закрытие и рекультивация старых свалок, восстановление земель в районах отработанных и заброшенных карьеров и т.д.

На территории Московской области насчитывается более тысячи заброшенных карьерных выработок, большинство из которых образовалось в результате несанкционированной добычи общераспространенных полезных ископаемых. Произошло варварское разбазаривание строительных материалов в Московской области (стихийная отработка карьеров без проектной документации и лицензии, без соблюдения природоохранных требований). В местах расположения этих несанкционированных карьеров сформировался своеобразный техногенный рельеф. В настоящее время во многих карьерах располагаются стихийные свалки.

Неблагоприятное воздействие карьерных выработок сказывается не только на потерях земель различного назначения (сельскохозяйственных, лесохозяйственных, водохозяйственных, рекреационных и других), но и на качественных и количественных изменениях состояния окружающей среды и здоровье проживающего вблизи населения.

В связи с этим возникает необходимость возвращения деградированных земель и загрязненных водных ресурсов в районах расположения карьеров в природно-приближенное состояние и придания им природных форм,

органически вписывающихся в структуру окружающего ландшафта. С этой целью было подвергнуто анализу 500 заброшенных карьерных выработок по добыче общераспространенных полезных ископаемых в Московской области. Произведен анализ компонентов природной среды и социально-планировочных ограничений территорий расположения карьерных выработок. Задача – выявление направлений рекультивации данных карьеров.

Оценивались карьеры с двух точек зрения: 1) карьеры, в которых возможно устройство полигонов ТБО; 2) карьеры, которые следует использовать в рекреационных, водохозяйственных, сельскохозяйственных, лесохозяйственных, строительных целях.

По фондовым материалам для каждого карьера оценивались следующие факторы:

1. Наличие относительного (местного) водоупора.
2. Наличие регионального (юрского) водоупора.
3. Положение уровня грунтовых вод.
4. Расстояние до водотоков, озер, водохранилищ.
5. Удаленность относительно лесных массивов.
6. Близость ООПТ.
7. Расстояние до жилой застройки.
8. Удаленность от аэропорта.
9. Расположение относительно сельскохозяйственных угодий.
10. Расстояние до транзитных магистральных дорог.

На основе анализа фондового материала определены 2 группы карьеров, обладающих однородными признаками:

- карьеры с благоприятными критериями для размещения в них полигонов ТБО согласно требованиям нормативных документов (102 объекта);
- карьеры с неблагоприятными критериями для размещения полигонов ТБО, для которых необходимы другие направления рекультивации (398 объектов).

Карьеры, которые рекомендуется использовать для размещения полигонов ТБО

По результатам изучения и систематизации геологической, гидрогеологической и экологической информации по 500 отработанным и заброшенным карьерам общераспространенных полезных ископаемых выявлено 102 объекта с благоприятными критериями для размещения в них полигонов ТБО. Для окончательного вывода о пригодности карьеров для устройства полигонов ТБО планируется провести их комплексное обследование.

При комплексном обследовании карьеров оцениваются экологически значимые характеристики взаимодействия карьера и природной среды и решаются следующие задачи:

- изучение эволюционных изменений в характере взаимодействия рекультивируемого карьера и природной среды;

- прогноз геоэкологической обстановки при устройстве в карьере полигона ТБО;
- рекомендации по проведению природоохранных мероприятий при устройстве в карьерах полигонов ТБО.

Поставленные задачи решаются путем выполнения следующих видов работ:

1. Сбор, изучение и систематизация материалов прошлых лет.
2. Геодезические работы.
3. Рекогносцировочное инженерно-экологическое обследование.
4. Радиометрические исследования (радиационное обследование территории, отбор проб на радионуклиды).
5. Бурение инженерно-геологических и гидрогеологических скважин.
6. Гидрогеологические наблюдения.
7. Лабораторные работы.
8. Камеральная обработка материалов и составление отчета.

По данным комплексного обследования отработанных и заброшенных карьеров создается база данных, где имеется обобщенная характеристика каждого обследованного объекта, характерные фотографии, результаты полевых работ и лабораторных анализов, оценка экологической ситуации как самого карьера, так и вокруг него, рекомендации по пригодности или непригодности карьера для размещения полигона ТБО.

Карьеры, которые следует использовать в рекреационных, водохозяйственных, сельскохозяйственных, лесохозяйственных, строительных целях

Анализ фондового материала показал, что из 500 представленных на рассмотрение отработанных и заброшенных карьерных выработок по добыче общераспространенных полезных ископаемых большая часть (398 объектов) не соответствуют требованиям размещения в них полигонов ТБО. Эти карьеры располагаются на окраинах населенных пунктов, в долинах рек и ручьев, вблизи ООПТ и аэропортов, в лесных массивах и на сельскохозяйственных угодьях. Отличительной особенностью территорий размещения данных карьеров является отсутствие местного и/или регионального водоупоров.

Большая часть этих карьеров используется в настоящее время под несанкционированные свалки, что представляет опасность для окружающей природной среды.

В связи с этим подобные отработанные и заброшенные карьеры рекомендуется рекультивировать. Наиболее приемлемы для этих объектов сельскохозяйственное, лесохозяйственное, водохозяйственное, рекреационное и строительное направления рекультивации («Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов», 1996 г.). Направления рекультивации определяют дальнейшее целевое использование рекультивируемых территорий в народном хозяйстве.

Результатом проведенных работ по выбору направлений рекультивации отработанных и заброшенных карьеров общераспространенных полезных ископаемых является база данных, где указываются следующие параметры: наименование карьера, район Московской области, местоположение карьера, географические координаты, вид добываемого строительного сырья (песок, песчано-гравийная смесь, суглинок, глина, известняк и др.), техническое состояние карьера (разрабатывается, брошен, рекультивирован), обводненность карьера, ближайшие населенные пункты, водотоки, водохранилища, ООПТ, аэропорт, транспортные магистрали, расстояние до лесных массивов, сельскохозяйственных угодий, рекомендуемые направления рекультивации карьера. Каждый карьер сопровождается фотографиями.

Таблица 1

Возможные направления рекультивации карьеров

Направления рекультивации	Вид использования территорий рекультивированных карьеров
Строительное направление	Площадки для промышленного, гражданского и дачного строительства
Лесохозяйственное направление	Лесонасаждения общего хозяйственного и полезного назначения, лесопитомники. Высадка лесных культур мелиоративного, противоэрозионного, ландшафтно-озеленительного назначения.
Водохозяйственное направление	Водоемы для хозяйственно-бытовых, промышленных нужд, орошения и рыбоводческие
Рекреационное направление	Зоны отдыха и спорта: парки и лесопарки, аквапарки, водоемы для оздоровительных целей, охотничьи угодья, туристические базы и спортивные сооружения
Сельскохозяйственное направление	Пахотные и сенокосно-пастбищные угодья, площади для поливного высокопродуктивного овощеводства при расположении карьера в зоне землепользования того или иного сельскохозяйственного предприятия

Экологическая реабилитация окружающей природной среды, нарушенной в связи с несанкционированной разработкой общераспространенных полезных ископаемых, направлена на санацию загрязненных территорий с целью их возвращения в народное хозяйство, улучшение экологической обстановки и эстетического облика ТНТ, получения экономического эффекта от дальнейшего использования восстановленных нарушенных земель.

Рекультивация и восстановление нарушенных карьерными выработками земель и их освоение позволяет не только вернуть земли в хозяйственный оборот, но и устранить очаги неблагоприятного влияния нарушенных земель на ОПС, улучшить санитарно-гигиенические условия местности, повысить эстетическую ценность ландшафта. Все это свидетельствует об эколо-

гической направленности рекультивации нарушенных земель и позволяет рассматривать ее как неотъемлемую часть охраны природных ресурсов Московской области.

СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ГРУНТОВ, СЛАГАЮЩИХ ТЕЛО СВАЛКИ ТВЕРДЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

О.В. Елохина¹, В.А. Елохин²

¹ УГК им. И. И. Ползунова, 620014, г. Екатеринбург, ул. Ленина, 28
E-mail: oksana elokhina@mail.ru

² УГГУ, кафедра ГЛЗЧС, 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
E-mail: elokhin.v.a@mail.ru

Территория свалки промышленных отходов «Прометей» находится на восточной окраине г. Каменска-Уральского, южнее промзоны, образованной рядом заводов и предприятий.

Свалка образовалась в результате многолетних накоплений отходов производств и разнородного мусора посредством неорганизованных отсыпок и отвалов в отработанную карьерную выемку. Тело свалки представляет собой неоднородный по составу и сложению динамичный геомассив, продвигающийся фронтом «с востока – на запад», заполняя отработанный карьер.

Геолого-литологический разрез территории размещения свалки твердых промышленных отходов слагают нижнекаменноугольные известняки, залегающие с северо-восточным падением под углами 45-60°. В северной и западной частях участка они практически выходят на дневную поверхность и представлены породами серого цвета, массивные, крепкие, окварцованные, трещиноватые, в верхней части разреза выветрелые до состояния крупнообломочного материала. Поверхность известняков в плане и разрезе не выдержана, в скальном массиве имеются карманы, заполненные глинистым материалом. В одном из таких карманов обустроен выпуск поверхностных вод из карьера. Подошва известняков скважинами глубиной до 50 м не вскрыта. В южной части исследованной территории известняки погребены под слоем нижнемеловых обломочно-глинистых отложений, в восточной части – перекрыты мощной толщей насыпных грунтов тела свалки.

Нижнемеловые отложения (K_1) встречены в скважине №3н и представлены суглинком красно-коричневого цвета с включениями дресвы и щебня известняка до 40%. С глубины 5,3 м суглинок замещается щебенистым грунтом с суглинистым заполнителем до 40%. Консистенция грунта: выше уровня подземных вод – от твердой до тугопластичной, ниже уровня подземных вод – от мягко- до текучепластичной. Мощность слоя – 6,1 м. Подошва нижнемеловых отложений зафиксирована на абсолютной отметке 134,4 м.

Насыпной грунт тела свалки (tQ) крайне неоднородного состава и сложения, рыхлый, не слежавшийся и представлен сверху перемятым суглинком, щебнем, различным мусором, древесными остатками. С глубины 1,5-2,0 м состав грунта меняется: преобладает формовочная земля черного цвета, перемешанная с щебнем, отходами производств, мусором, со следами и запахом нефтепродуктов, от рыхлого до средней плотности сложения, с глубины 4,3 м встречаются глыбы спекшегося металлургического шлака. С глубины 6,0 м – грунт плотного сложения, с большим количеством металлических обломков. На глубинах 9,8 м и 13,5 м в скважине №2н встречены слитки черного металла (толщиной до 0,4 м); с глубины 15,0 м из скважины ощущается запах газа (метана); с глубины 18,0 м – грунт обводнен. Описанные грунты классифицируются как «свалки грунтов, отходов производств и бытовых отходов», период времени, необходимый для самоуплотнения грунтов подобных свалок составляет 10-30 лет. В настоящее время процесс самоуплотнения насыпных грунтов не закончен.

С целью определения мощности тела свалки выполнены геофизические работы. В основу литологического расчленения пород по электрическим свойствам положены параметрические наблюдения, материалы предыдущих электроразведочных работ и справочные данные. По результатам интерпретации данных геофизических исследований построены карта мощностей тела свалки, вертикальные карты кажущихся сопротивлений и геоэлектрические разрезы, дающие представление о положении кровли скальных пород и подошвы тела свалки.

Для установления степени газогеохимической опасности грунтов, составляющих тело свалки, на основе выявления и оконтуривания атмогеохимических аномалий, сформированных нефтепродуктами и биогазом, выполнены атмогеохимические исследования. Основными компонентами и индикаторами загрязнения являются CH_4 и CO_2 .

В результате установлено, что степень газогеохимической опасности грунтов увеличивается от периферии тела свалки к ее центру. На бортах свалки, в силу небольшой мощности и хорошей аэрации насыпных грунтов, содержания метана изменяются от 0 до 0,8 об.%, углекислого газа – от 0 до 0,2 об.%, что соответствует безопасному, либо потенциально опасному уровням. К безопасным отнесены грунты с нулевыми содержаниями исследуемых компонентов. Они выявлены по 10 точкам наблюдений вне тела свалки, либо в ее южном борту. Потенциально опасные грунты установлены по 8 точкам наблюдений. Опасными в газогеохимическом отношении грунтами занята большая по площади центральная часть тела свалки (14 т.н.). В ядре аномалии содержания метана достигают 12,0 об.%, при этом концентрации двуокиси углерода не превышают 10 об.%, и по совокупности этих показателей данные грунты не относятся к пожаро- и взрывоопасным.

Физические свойства насыпного грунта характеризуются пространственно-временной изменчивостью и напрямую зависят от геодинамических и физико-химических процессов, происходящих в геомассиве на разных стадиях техногенеза.

Физические свойства грунтов, слагающих тело свалки, определялись полевыми и лабораторными методами. Усредненный гранулометрический состав и основные показатели физических свойств грунтов представлены в табл. 1-2.

Таблица 1

Усредненный гранулометрический состав грунтов

Наименование частиц	Размер частиц (d), мм	Содержание, %
крупнообломочные	> 2,0	41,4
пылеватые	2,0-0,05	45,4
глинистые	< 0,05	13,2

Таблица 2

Физические свойства грунтов

Наименование показателей	Ед. изм.	Значения показателей		
		мин.	макс.	среднее
Природная влажность	д.ед.	0,178	0,252	0,215
Число пластичности	д.ед.	0,033	0,048	0,042
Показатель текучести	д.ед.	-2,26	-0,70	-1,50
Плотность грунта	г/см ³	1,55	1,65	1,60
Пористость	%	51,9	52,6	52,2
Коэффициент пористости	д.ед.	1,08	1,11	1,09
Степень влажности	д.ед.	0,487	0,618	0,552

Насыпной грунт тела свалки классифицируется согласно ГОСТ 25100-95, как супесь пылеватая, твердая, дресвяная. Грунт высокопористый, с низкой степенью влажности, с содержанием крупнообломочных включений около 40% (без учета глыб и валунов в массиве).

Следует отметить, что при продолжающемся перемещении масс, их уплотнении, периодическом замачивании, приведенные выше показатели характеризуют грунт только на данной стадии техногенеза и не могут считаться нормативными до полной консолидации геомассива.

КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ КАК ОСНОВА РЕКУЛЬТИВАЦИИ СЛАБОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ ТЕХНОГЕННЫХ ГРУНТОВ

С.Н. Елохина*, Е.Д. Еремина, О.Ю. Ширинкин***

* ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»,
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30. E-mail: elohina.s@mail.ru

** ООО Научно-Производственное предприятие «УралГеоЦентр»,
620014, г. Екатеринбург, ул. Хохрякова, 72

К особо опасным техногенным объектам относятся накопители промышленных отходов, рассматриваемые как природно-технические системы [1]. Их рекультивация и возвращение в природные экосистемы особенно важно на территориях с высоким уровнем урбанизации, к которым могут быть отнесены городские образования Среднего Урала.

При практической реализации проекта рекультивации на одном из шламонакопителей крупного промпредприятия вблизи г.Екатеринбурга были встречены большие трудности в определении времени и степени уплотнения техногенного осадка, представляющего собой шлам травильного производства. В гранулометрическом составе осадка преобладает фракция размером менее 0,04 мм, консистенция изменяется от текучей до тугопластичной. Известно, согласно СП 11-105-97, часть III (п.9.2.1), что ориентировочное время завершения уплотнения подстилающих пылевато-глинистых грунтов, аналогичных изучаемому шламу и расположенных ниже УПВ, достигает 5 лет, что не позволяет в лабораторных условиях однозначно охарактеризовать процесс осадки техногенного грунта.

Шламонакопитель эксплуатировался с 1974 г. В 1989 г. он был полностью заполнен шламом до отметки 183,3 м и выведен из эксплуатации. В 2009 г. в очень сжатые сроки были выполнены комплексные инженерно-геологические изыскания, включающие лабораторные исследования динамики смешения шлама с техногенным грунтом (шлаком), который применен на техническом этапе рекультивации для уплотнения и обезвоживания шламового осадка.

При реализации Проекта рекультивации потребовалось проведения серии дополнительных изысканий и двухкратной корректировки объемов технического этапа, поскольку рекомендованный комплексный инженерно-геологический мониторинг объекта, а также авторский надзор за реализацией Проекта рекультивации заводом не были исполнены.

Повторные изыскания показали, что геотехнический массив шламонакопителя (карта №3) представляет собой сложную многокомпонентную динамически изменяющуюся среду, представленную следующими инженерно-геологическими разновидностями грунтов (сверху-вниз):

– насыпной грунт, заполняющий карту на техническом этапе рекультивации, содержит металлургический шлак и различный строительный мусор (бетон, кирпич, глина, древесный материал). Грунт крайне неоднородный по составу и плотности сложения, в толще имеются пустоты и полости (размером до 0,1 м по глубине), обнаруженные бурением. С глубины примерно 5,0 м насыпной грунт (шлак) замещается подпирающим шламом, приобретая новое состояние и специфические свойства. Мощность залегания слоя от поверхности составляет 6,8-7,3 м с подошвой на отметках 178,8-179,3 м;

– шлам травильных производств залегает с поверхности (в центральной части) или погребен под насыпной толщей, представляет собой пастообразную, вязкую, текучую массу, в кровле (на контакте с насыпью) с включениями крупнообломочного материала (шлака) до 40%, из-за размытости контакта граница между слоями (шлак-шлам) фиксируется затруднительно. Мощность слоя изменяется от 1,7-3,0 м (в погребенной части) до 8,0 м (в открытой части);

– глина делювиальная тугопластичной консистенции слагает основание разреза и является естественным экранирующим дном шламовой карты, вскрывается на глубине 9,0-10,0 м.

Установлено, что в ходе проводимых инженерных мероприятий по рекультивации шламонакопителя в геомассиве происходит сложный физико-геологический техногенный процесс, динамика развития которого схематично показана на рисунке.

При фронтальной засыпке шлаком под весом насыпи происходит сжатие и вытеснение текучего шлама от фронта отсыпки. Одновременно с этим идет затворение и замещение осаждающегося шлама шламовой субстанцией. По мере возрастания внешней нагрузки происходит деформация днища карты, выдавливание шлама и образования вала выпирания с высотными отметками, превышающими отметки гребня дамбы.

Сложившаяся ситуация во многом предопределена отступлениями от проектных решений на техническом этапе рекультивации карты. Отсыпка твердых отходов производится не «послойно – с уплотнением», а «фронтально – в отвал». Емкости (зумпфы) для аккумуляции дождевых, талых и отжимаемых из шлама вод с их сбросом не выполнены.

В условиях возрастающего гидростатического давления, без возможности водоотдачи, происходит не столько сжатие, сколько – выдавливание текучей шламовой массы в свободное пространство. Пройденная в теле свалки водоотводная канава ожидаемого эффекта не дала: глубина канавы недостаточна для дренирования шламовых вод, а выдавленный из чаши шлам удерживается на высоких отметках.

Физические свойства шлама, относительно исходного материала, практически не изменились, кроме гранулометрический состав грунта, в котором теперь присутствует, в среднем, около 20% крупнообломочной фракции и уменьшилось содержание пылевато-глинистых частиц.

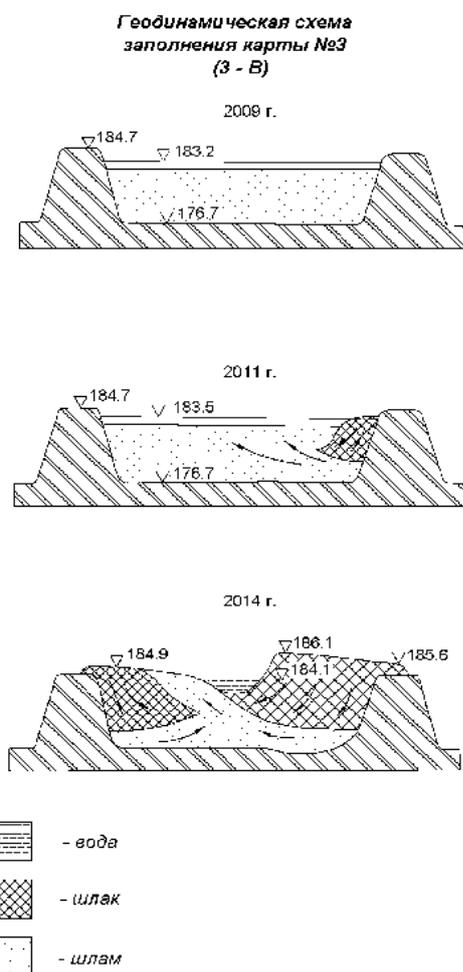


Рис. 1. Геодинамическая схема заполнения карты № 3

Соотношение Т/Ж (твердого к жидкому) составляет по объему 1:5, а по весу 1:1,5. Уплотнение шлама от веса насыпи продолжается.

Особого рассмотрения заслуживают деформационные свойства глины, слагающей основание шламонакопителя. Глина легкая, пылеватая, от тугопластичной до мягкопластичной консистенции. Она испытывает возрастающую внешнюю нагрузку. К настоящему моменту суммарный вес заполнения (шлак, шлам, вода) достигает 900 тыс. тонн, а к окончанию технического этапа рекультивации он возрастет до 1000 тыс. тонн. Удельная нагрузка на ложе карт составит около 15 т/м^2 ($1,5 \text{ кгс/см}^2$), а это существенное давление на грунт, с величиной которого нельзя не считаться.

Деформации дна как следствие воздействия вертикальной внешней нагрузки, зафиксированы при бурении контрольных скважин в 2013-2014 гг.

Прогибание подошвы шламонакопителя составило на участках со слабой степенью заполнения 0,4 м, а на полностью загруженных участках – до 1,5 м ниже первоначальной проектной отметки.

По результатам выполненных в 2009 г. компрессионных испытаний, глина характеризуется низким модулем деформации и достаточно высокой сжимаемостью. Величина относительного сжатия водонасыщенного грунта ($\Delta h/h$) в интервале нагрузок 1-2 кгс/см² изменяется от 0,05 до 0,10, составляя, в среднем, 0,08. Для подстилающей глины при средней мощности слоя 6,0 м величина сжатия под воздействием нагрузки 1,5 кгс/см² составит около 0,5 м, что необходимо учитывать в расчетах объема заполнения карт при их рекультивации.

Наблюдения за осадкой свалочного тела в период строительства полигона выполнялись согласно СНиП III-2-75, методом геометрического нивелирования II класса по «Инструкции...» нивелиром Н-05 № 00140 с помощью инварных реек РН-05.

Для выполнения наблюдений на выровненной поверхности Заказчиком уложено бетонная плита, на углах которой были заложены осадочные марки – репера. В период 2013-2014 гг. выполнено 3 цикла наблюдений (табл. 1).

Таблица 1

Результаты наблюдений за осадкой свалочного тела

№ цикла	Дата измерений	Результаты измерений осадки, мм				Средняя величина осадки, мм
		Rp 1	Rp 2	Rp 3	Rp 4	
1	25.06.2013	0	0	0	0	0
2	18.07.2013	-2	-3	-2	-1	-2
3	12.11.2014	-25	-18	-12	-27	-23

Таким образом, процесс рекультивации шламовых карт существенно зависит от физико-механических свойств шлама и техногенного наполнителя, использование которого экономически целесообразно, а также способа выполнения технического этапа рекультивации. В любом случае при плохо сжимаемом шламовом осадке, уплотнение и обезвоживание которого представляет собой длительный процесс, требуется ведение комплексного инженерно-геологического мониторинга.

Литература

1. Бондарик Г.К., Ярг Л.А. Природно-технические системы и их мониторинг // Инженерная геология. 1990. № 5. С. 3-9.

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГО- ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ

И.И. Косинова, Т.В. Соколова

ФГБОУ ВПО «ВГУ», г. Воронеж, Университетская п.л, 1.
E-mail: tan-0301@ya.ru

Большая часть существующих водохранилищ была создана без учета их воздействий на компоненты природной среды, не были разработаны мероприятия по предотвращению негативных последствий по предупреждению и устранению возможного загрязнения окружающей среды. Так, Воронежское водохранилище было создано в 1972 г. без должной расчистки русла. Почвенные отложения не были сняты, пойменная часть не освобождена от строительного и бытового мусора. В результате, донные отложения водоема уже на момент создания водохранилища были загрязнены тяжелыми металлами и органическими веществами, содержащимися в почвенных отложениях поймы р. Воронеж.

Формирование донных отложений происходит в результате аккумулятивного воздействия ряда процессов, среди них: снос твердого вещества с речным стоком, накопление наносов при стоке ливневых и талых вод, а также в процессе абразионных изменений береговых склонов. Помимо перечисленных, важное значение приобретает фактор образования конусов выноса многочисленных техногенных сбросов сточных вод, а также несанкционированных канализационных сбросов. В результате ложе искусственно созданного водоема характеризуется весьма пестрым гранулометрическим и качественным составом донных отложений. Важным фактором также является относительное постоянство русла основного водотока, оно, как правило, характеризуется максимальными глубинами и в результате донной эрозии вскрывает коренные породы. Периферийные части водоема в основном мелководные и характеризуются значительным объемом донных осадков.

Существующие теоретические подходы к изучению донных отложений подчеркивают их роль в качестве долговременных накопителей загрязняющих веществ. Проведенные исследования в пределах Воронежского водохранилища выявили роль механических и геохимических барьеров в данном процессе. Механический барьер находится в месте входа основной речной системы в акваторию водохранилища. Здесь отлагается значительное количество песчаных частиц, которые практически полностью формируют гранулометрический состав донных отложений. Тонкий илистый осадок на данном участке практически отсутствует. Формируются интересные природно-техногенные объекты. Так, в верховьях Воронежского водохранилища была создана ловушка для сбора песчаных частиц при впадении реки Воронеж в искусственный водоем. В течение 25-30 лет она была полностью заполнена

песчаными частицами, и на месте ловушки сформировалось искусственное болото значительной площади. Застойный режим стал причиной формирования типичных процессов болотных участков. Это проявилось в высоких концентрациях в воде железа, марганца, кадмия, появлении сероводорода. Отсутствие прогноза появления подобных техногенных болот, а также решений по устранению подобной негативной ситуации в современном состоянии водоема приводит к загрязнению поверхностных и подземных вод выше перечисленными компонентами. По мере прохождения первого механического барьера в верховьях искусственных водоемов формируются более благоприятная эколого-геохимическая обстановка. Достаточно высокие показатели живой силы реки справляются с ситуацией застойного режима. Донные отложения по-прежнему представлены песчаными разностями, мощность илового осадка не превышает 10-15 см. В верховьях активно развивается водная растительность высшего порядка, нередко ее площади покрывают до 30% водного зеркала. Их развитие следует рассматривать с двух позиций. Первая – определяет условия накопления наносов в условиях зарастания дна. Высота водной растительности достигает 1,5-2 м, ее плотность на 1 м² дна составляет до 60%. С другой стороны, водные экосистемы являются фильтраторами большей части видов загрязнения. Эффект самоочищения водоема здесь представлен в максимальной степени. В верховьях водохранилища вода характеризуется благоприятными органолептическими показателями, загрязняющие элементы не превышают величин ПДК. В этой связи именно здесь располагаются водозаборные сооружения, рекреационные зоны. Проведение работ по очистке дна в верховьях искусственных водоемов нецелесообразно. Формирующаяся экологическая система в целом благоприятная и не нуждается во внешних факторах воздействия. В случае фиксирования высоких концентраций загрязняющих элементов в донных отложениях верховьев искусственных водных объектов необходимо проведение работ по выявлению источников загрязнения с последующей их ликвидацией.

Средняя часть искусственных водоемов представляет собой зону транзита тонких наносов, привносимых рекой. Однако именно здесь сказывается влияние техногенных сбросов вещества. Конуса выносов имеют длину до 100-150 м, ширина устья конуса может составлять до 50 м. Гранулометрический и качественный состав донных отложений здесь в каждом конкретном случае зависит от источника. Так наиболее мощные конуса – выноса формируются в местах сбросов очищенных стоков различных очистных сооружений. Причем в радиусе их воздействия фиксируются уникальные ситуации. Так в районе сброса сточных вод Левобережных очистных сооружений в акваторию Воронежского водохранилища донные отложения на расстоянии до 150 м от трубы представлены плотным ракушняком, сложенным дрессеной. Образование подобных нехарактерных для равнинных водоемов осадков связано с режимом периодического сброса в водоем высоко загрязненных вод. На первоначальной стадии водные экосистемы активно развиваются на участках поступления в водоем теплых, насыщенных органикой сточных вод. В случае неэффективности работы очистных сооружений происходят перио-

что в первую очередь отражается на гранулометрическом составе донных отложений. В искусственно созданных водоемах верховье водоема сложено песчаными частицами, в нижнем бьефе, ложе водоема сложено иловыми донными отложениями.

Таким образом, использование фоновых концентраций водоема для оценок возможно при отборе нескольких фоновых проб, соответствующих определённым зонам Воронежского водохранилища. Эти зоны должны учитывать гранулометрический состав донных отложений, гидрологические характеристики водохранилища.

В противном случае невозможно оценить все водохранилище в целом, так как основная аккумуляция загрязняющих веществ происходит в его нижнем бьефе. Здесь происходит отложение тонких взвесей, сорбирующих тяжелые металлы. Сравнение показателей содержания тяжелых металлов в иловых донных отложениях указанной зоны с содержанием в песчаной фракции верховья водохранилища не дает объективной оценки.

Проведенные исследования позволяют выделить факторы гранулометрического строения донных отложений в качестве ведущего при формировании эколого-геохимических аномалий искусственно созданных водоемов.

Литература

1. Методические указания по организации и проведению наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов. Проект МПР РФ. М., 2012.

2. Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов, МПР РФ. РЭФИА, НИА Природа, Москва, 2002 г.

3. Саен Ю.Е. Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды [Книга]. М.: Недра, 1990. С. 335.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПОЧВЫ ПРИДОРОЖНОЙ ТЕРРИТОРИИ АВТОДОРОГИ М-4 В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

И.И. Косинова, С.И. Фонова

Воронежский государственный университет, Геологический факультет;
394006, г. Воронеж, Университетская площадь, 1. E-mail: office@main.vsu.ru

За последние годы атмосферное загрязнение от автотранспорта превысило промышленное загрязнение [1-4].

Одной из самых загруженных трасс Российской Федерации является автодорога М-4, соединяющая Москву с южными границами России. Эта трасса проходит в разнообразных физико-географических и геологических районах, что приводит к различным характеристикам уровня загрязнения придорожной территории даже при одинаковой концентрации транспортного потока. В настоящее время придорожная территория в радиусе 100 метров от полотна автодороги усиленно осваивается: помимо сельскохозяйственного использования, появляется широкая сеть АЗС, торговых точек, ремонтных мастерских, гостиничных комплексов и даже жилых застроек. Поэтому оценка экологического состояния придорожной территории по трассе М-4 является весьма актуальной задачей.

Основная масса газовых выбросов оседает в непосредственной близости от автодорог (до 10 м). Значительная часть, в зависимости от размера частиц, рельефа местности, направлении ветра, типа почвы, растительного покрова, наличия лесозащитных насаждений может распространяться на удалении до 100 метров от полотна дороги. Мелкодисперсные частицы могут разлетаться на сотни метров от полотна автодороги.

Накопление тяжелых металлов (ТМ) растительностью и почвой в значительной степени зависит от рельефа местности, направления ветра и от количества транспортного потока, скорости движения, типа машин (дизель, карбюраторный) и от того, на каком удалении от дороги они находятся и имеются ли защитные насаждения вдоль автомагистрали. Проведенные исследования почвенно-растительного покрова вдоль автодорог по отечественным и зарубежным литературным данным [5-6], показали, что более 20% выбросов автотранспорта оседает в непосредственной близости от автодорог, причем зона наибольшего загрязнения ТМ и нефтепродуктами занимает полосу шириной до 10 м. Более крупные частицы, входящие в состав выбросов (от 0,1 мм до нескольких миллиметров), оседают в непосредственной близости от автодорог.

Лесополосы вдоль автодорог служат барьером на пути распространения вредных выбросов. Исследования показали, что при отсутствии лесных полос на участках до 100 м отмечается повышенное накопление ТМ и нефтепродуктов, однако в реальных условиях на расстоянии более 10 м от полотна дороги их содержание не превышает ПДК [7].

На участках с пониженным рельефом на расстоянии до 100 м от трассы содержание в почве ТМ несколько повышено по сравнению с ровным участком. Накопление ТМ в почве вызвано стоком осевших пылевых частиц с полотна дороги с талыми и дождевыми водами. В черноземе накопление ТМ наблюдалось только в верхнем слое почвы, вследствие низкого уровня их миграции.

В табл. 1 приведены главные экологические характеристики тяжелых металлов, образующихся в работе автомобильного транспорта. ПДК представлены для подвижной формы. Поскольку для кадмия ПДК не существует, то по данным [8] представлены ОДК.

Таблица 1

Главные экологические характеристики тяжелых металлов

№п/п	Наименование вещества	Формула	Величина ПДК ОДК (мг/кг) с учетом фона	Класс опасности
1	Медь	Cu	3,0	2
2	Свинец	Pb	6,0	1
3	Цинк	Zn	23,0	1
4	Кадмий	Cd	1	1

Результаты измерений концентраций тяжелых металлов в придорожной территории трассы М-4 длиной 350 км по Воронежской области позволяет сделать следующие выводы:

1) основное загрязнение почвенного покрова придорожной территории происходит за счет свинца. Превышение ПДК наблюдается только в пределах 10 м от края дороги;

2) по цинку и меди превышение ПДК существует только в пределах 5 м от края автодороги;

3) превышение ПДК по кадмию не выявлено.

Другим фактором, изменяющим пространственное распределение загрязняющих веществ, является их вертикальная миграция, отличающаяся в различных типах почв.

По данным, приведенным в работах [9-11], наибольшей миграционной способностью среди тяжелых металлов обладает кадмий. Поэтому его концентрация в поверхностном слое почвы придорожной территории незначительна, и не сильно различается в различных точках пробоотбора.

Миграционные свойства тяжелых металлов в различных типах почв, приведены в табл. 2 [17-20]. Знак «+» означает высокие миграционные свойства почвы, «-» – низкие, «+ -» – средние. С учетом выявленных свойств почв получает объяснение достаточно низкие концентрации тяжелых металлов, по всем профилям.

Таблица 2

Типы почв и их миграционные свойства

Зона отбора проб: км федеральной трассы М-4 «Дон»	Типы почв	Миграционные свойства тяжелых металлов
464	Преобладают черноземы	+ -
489	Черноземы выщелоченные, черноземы типичные	-
514	Лугово-болотные, пойменно-лесные, аллювиально-луговые почвы	-
539	Лугово-черноземные	+ -
564	Дерново-лесные серые лесные почвы	-
589	Лугово-черноземные и черноземы выщелоченные, типичные суглинки	-

Окончание табл. 2

Зона отбора проб: км федеральной трассы М-4 «Дон»	Типы почв	Миграционные свойства тяжелых металлов
614	Черноземы типичные	+
639	Черноземы типичные и черноземы выщелоченные	+ –
664	Типичные черноземы, лугово- черноземные	–
689	Черноземы обыкновенные	+
714	Черноземы обыкновенные, лугово- черноземные	+ –
739	Черноземы обыкновенные, черноземы южные	+ –
764	Лугово-черноземные, черноземы ти- пичные	+
777	Южные черноземы увеличивается при- сутствие солонцеватых почв, карбо- натных и остаточно-карбонатных чер- ноземов.	–

Выполнив и проанализировав работы можно сказать, что пространственное распределение концентрации тяжелых металлов вдоль полотна автодороги зависит от трех факторов:

1) рассеяние в атмосфере. Расстояние выпадения от края автодороги главным образом зависит от радиуса аэрозольных частиц [12, 13];

2) перераспределение концентрации загрязняющих веществ в пространстве определяется главным образом рельефом местности как по профилям пробоотбора вдоль трассы, так и по перпендикулярным профилям, обеспечивающим горизонтальный смыв загрязняющих веществ в низины;

3) дополнительным фактором является вертикальная миграция загрязняющих веществ, зависящая от типа почв в точках пробоотбора.

Литература

1. Агроклиматический справочник по Воронежской области / А.П. Говорухина. Воронеж: Гидрометеоиздат, 1958. 196 с.
2. Алексеев С.В. Практикум по экологии / С.В. Алексеев, Г.М. Муравьев. М.: Недра, 1996.
3. Ахтырцев Б.П. Почвенный покров Среднерусского Черноземья / Б.П. Ахтырцев, А.Б. Ахтырцев. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1993. С. 216.
4. Браун В. Настольная книга любителя природы / В. Браун. М.: Гидрометеиздат, 1985. С. 280.
5. Никифорова Е.М. Свинец в ландшафтах придорожных систем / Е.М. Никифорова. М., 1983. С. 220-229.

6. Николаева Л.Ф. Экология малого города / Л.Ф. Николаева, Н.Б. Флорова, Е.Б. Поршнева и др. Пушино, 1987. 130 с.
7. Панова В.И. История Воронежского края / В.И. Панова. Воронеж, 1987. С. 20-21.
8. ГОСТ 17.4.3.01-83 (СТ СЭВ 3847-82) Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб.
9. ГОСТ 28168-89 Почвы. Отбор проб.
10. ГОСТ 17.4.4.02-84 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.
11. Лукашин В.Н. Промышленно-транспортная экология / В.Н. Лукашин, Ю.В. Трофименко. М.: Высшая школа, 2001. С. 78.
12. ПНД Ф 14.1:2.110-97 Методика выполнения измерений содержаний взвешенных веществ и общего содержания примесей в пробах природных и очищенных сточных вод гравиметрическим методом.
13. Подольский В.П. Автотранспортное загрязнение придорожных территорий / В.П. Подольский, В.С. Турбин, А.Н. Канищев. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1999. 125 с.

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ ЭКОГЕОСИСТЕМЫ КАК ОСНОВА РАЗРАБОТКИ МОНИТОРИНГА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Н.В. Крутских

Институт геологии Карельского научного центра РАН, 185910 Республика Карелия,
г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11. E-mail: natkrut@gmail.com

Для урбанизированных территорий характерна тесная связь между всеми компонентами природной среды. Техногенное воздействие на один компонент этой системы в значительной мере отражается на других ее составляющих. В связи с этим важным моментом является комплексность проводимых исследований, позволяющая выявить причинно-следственные связи между явлениями и процессами, протекающими внутри экосистем, а также отразить их изменения в ходе функционирования, динамики и эволюции. Так как в каждом конкретном случае значимую роль в формировании экосистем играет своеобразие природных и техногенных условий, то это делает практически уникальным каждый методологический подход к разработке мониторинга.

Для того чтобы выявить основные принципы мониторинга, наметить основные направления сети наблюдений необходимо ориентироваться, в первую очередь, на реальную геоэкологическую ситуацию и возможность возникновения экологического риска. Вследствие действия различных факторов на значительных по площади территориях наблюдается постепенное нарушение растительного покрова, изменением медико-санитарных показателей. Основой для выделения комплекса конкретных параметров мониторинга является оценка состояния и трансформации компонентов природной среды,

позволяющей вывить факторы геоэкологического риска, характерных для изучаемой территории. В пределах урбанизированных территорий наиболее изменена геохимическая функция природной среды, в связи, с чем основное внимание здесь уделяется изучению загрязнения воздушной среды, поверхностной и подземной гидросферы, приповерхностной части литосферы [3].

На территории Карелии г. Петрозаводск является наиболее крупным промышленным центром с высокой техногенной нагрузкой на окружающую среду, что обусловлено деятельностью промышленных предприятий, а также резким увеличением за последние годы количества автотранспорта.

Типичное для большинства городов соотношение промышленной и транспортной нагрузки определило основное направление мониторинга как эколого-геохимическое. В настоящее время существующие методики оценки отражают уровень геохимических трансформаций относительно отдельных элементов либо по классам опасности, а суммарный показатель загрязнения не учитывает различной токсичности элементов. В этой связи, для целей интегральной оценки состояния компонентов среды по геохимическим данным разработан показатель экологической опасности (ПЭО) [4], который учитывает степень опасности всех исследуемых элементов через весовые коэффициенты, вводимые для каждого элемента, и рассчитывается по формуле:

$$ПЭО = \sum K_{c_i} * v_i,$$

где K_c – коэффициент концентрации i -го элемента $K_c = C/C_{\phi}$, v_i – весовой коэффициент i -го элемента, C – концентрация элемента в пробе; C_{ϕ} – фоновые значения концентраций для данной территории.

Расчет весовых коэффициентов элементов проводится на основании соотношения, обусловленного многими методиками, определяющими состояние среды по классам опасности [1, 2]. Расчет градаций уровней трансформации по этому показателю проведен с учетом изменений в биотических компонентах природной среды. Исследования выявили наличие взаимосвязи между показателями тератоморфности пыльцы шиповника морщинистого и ПЭО для почв.

Рассчитанные ПЭО почв для различных функциональных зон города показали, что значительная территория города характеризуется низким и средним уровнем трансформации почвенного покрова по геохимическим данным. Однако в зонах повышенной техногенной нагрузки промышленного и транспортного типа значения показателя экологической опасности достигают высокого уровня (рис.1). Необходимо отметить, что высокие значения характерны для территории бывшей промышленной площадки тракторного завода, где в настоящее время планируются рекультивационные мероприятия с дальнейшей жилой застройкой данного участка. Здесь концентрации Pb, Zn, Cd, As, Sb, Sn, W, V в десятки раз превышают фоновые значения.

При разработке основных принципов комплексного мониторинга Петрозаводска, определении сети мониторинга и выделении пунктов наблюдения важен учет полученной информации. Значимое внимание и сгущение сети наблюдений в рамках разрабатываемой системы необходимо отводить терри-

ториям с высоким уровнем трансформации компонентов природной среды. Так, подсистема эколого-геохимического мониторинга почв и грунтов г. Петрозаводска предусматривает обязательное сгущение сети наблюдений в пределах территорий с высоким уровнем трансформации почвенного покрова.

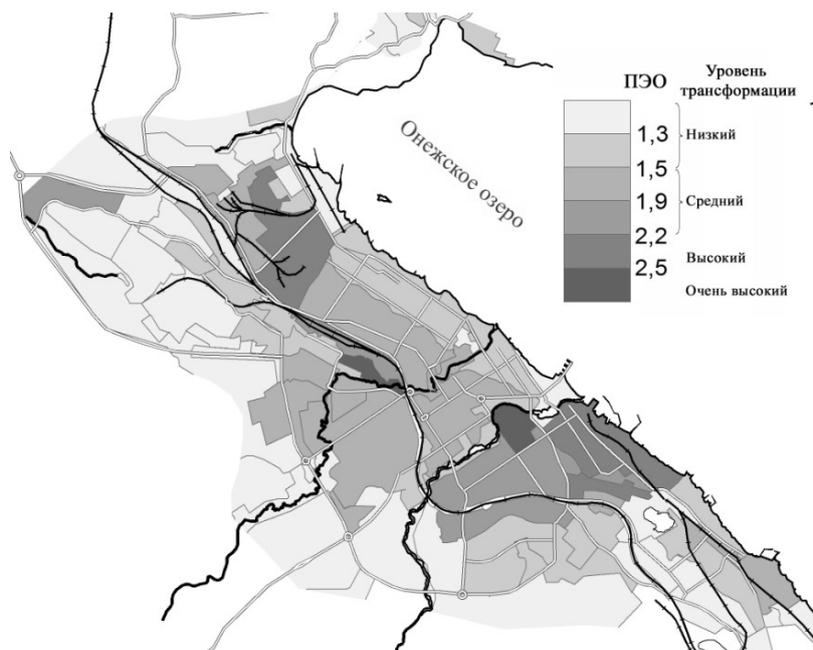


Рис. 1. Трансформация почвенного покрова г. Петрозаводска по ПЭО

Литература

1. Головин А.А., Самаев С.Б., Соколов Л.С. Эколого-геохимическая оценка урбанизированных территорий // Прикладная геохимия. Вып. 7. М., 2008. С. 289-299.
2. Гуляева Н.Г. Методические рекомендации по эколого-геохимической оценке территорий при проведении многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:1 000 000 и 1:200 000. М.: ИМГРЭ, 2002. 72 с.
3. Косинова И.И., Крутских Н.В., Кустова Н.Р. Техногенное преобразование природной среды территории г. Воронежа и его экологические последствия. М.: РГОТУПС, 2007. 172 с.
4. Крутских Н.В., Косинова И.И. Методика оценки трансформации природной среды по результатам эколого-геохимических исследований (на примере г. Петрозаводска) // Вестник ВГУ. Серия «Геология». 2014. № 3. С. 95-97.

ПРИТОК МИКРОЭЛЕМЕНТОВ С ЗИМНИМИ АТМОСФЕРНЫМИ ВЫПАДЕНИЯМИ НА ТЕРРИТОРИЮ г. ОМСКА

В.В. Литая, А.В. Таловская, Е.Г. Язиков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050 г. Томск, пр. Ленина, 2а, стр. 5. E-mail: litau.tomsk@mail.ru, talovskaj@yandex.ru

Среди загрязняющих веществ в воздушном бассейне городов важное место занимают микроэлементы, которые относятся к первому и второму классам опасности и содержащиеся в большинстве видов промышленных, энергетических и автотранспортных выбросов [3].

Изучение распределения микроэлементов в снежном покрове позволяет установить площадное распределение и количественные характеристики веществ, выпадающих зимой из атмосферы, благодаря этому – выявить источники загрязнения и ореолы их влияния.

В работе обсуждаются результаты оценки притока микроэлементов с зимними атмосферными выпадениями на территорию г. Омска по данным изучения состава снежного покрова.

Согласно нормативной методике [2-4], в конце февраля 2013 г. на территории г. Омска проводился площадной отбор снега по сети с шагом 1 км. Всего было отобрано 168 проб. В качестве фоновой площадки была выбрана д. Москаленки, в 100 км от города.

Содержание микроэлементов в пробах твердого осадка снега определяли инструментальным нейтронно-активационным анализом (ИНАА) в аккредитованной ядерно-геохимической лаборатории Международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология» при кафедре геоэкологии и геохимии ТПУ.

Анализ данных производился согласно работе [4]. Рассчитывалась общая нагрузка, создаваемая поступлением химического элемента из атмосферы на снеговой покров $R_{общ} = C * P_n$, мг/(км² × сут), C – концентрация отдельных элементов в твердом осадке снега (мг/кг), P_n – пылевая нагрузка, (кг/(км² × сут); коэффициент относительного увеличения общей нагрузки элемента $K_p = R_{общ}/P_f$, P_f – фоновая пылевая нагрузка. Поскольку техногенные аномалии обычно имеют полиэлементный состав, также рассчитывался суммарный показатель нагрузки Z_p : $Z_p = \sum K_p - (n-1)$, n – число учитываемых аномальных элементов. Согласно работе [3] по суммарному показателю нагрузки (Z_p) выделяются четыре уровня загрязнения: <1000 – низкий, от 1000 до 5000 – средний, от 5000 до 10000 – высокий, >10000 – очень высокий.

По результатам исследований установлено, что величина среднесуточного выпадения микроэлементов на снеговой покров территории г. Омска изменяется от 4,3 до 120298 мг/(км² × сут) (табл. 1), что в десятки и сотни раз превышает аналогичный показатель для фонового района.

Максимальные величины среднесуточного притока Fe, Co, Sc, Ag, Ba, Sr, U, Th, редких и редкоземельных элементов отмечается в Октябрьском районе, в зоне влияния предприятий химической и нефтехимической промышленности.

Таблица 1

Средняя величина среднесуточного притока микроэлементов на снеговой покров на территории г.Омска, мг/км²хсут, 2013 г.

	г.Омск (n=168)	Кировский АО (n=46)	Советский АО (n=31)	Октябрь- ский АО (n=20)	Ленинский АО (n=25)	Централь- ный АО (n=46)	Фон (n=5)
Co	1969±138	1652±211	893±133	3645± 485	2735±557	1925±145	76
Cr	13955±741	12696±1355	20776±2435	13565±209	10666±975	12505±821	1182
Sc	2621±211	1630±163	1143±97	5374± 779	3817±976	2789±232	33
Zn	21189±1316	18029±1919	11287±1659	29601±5187	30621±4115	22908±2291	1144
As	1120±80	1502±199	679±137	946±156	1326±242	1006±106	67
Sb	598±54	1089±168	256±55	407±41	520±56	475±46	22
Ag	66±4	45±4	33±7	124±17	94±22	71±5	1
Au	4±0,6	3±0,3	2±0,4	7±2	2±0,3	7±2	0,9
Ba	120298±9602	76364±7467	52615±4342	250646±39018	176917±41401	126247±10455	973
Sr	38162±3247	24280±2888	16899±1509	78324±11737	60560±14569	38055±4013	256
Rb	2850±226	2264±224	1531±506	5025±845	4088±916	2797±255	122
Cs	248±16	201±22	119±19	472±66	316±59	255±20	9
Br	875±79	582±66	588±75	1079±195	1547±417	922±115	17
Nd	4316±321	2733±277	2197±203	8518±1302	6038±1337	4695 ±399	54
Hf	976±75	625±62	427±47	1982±277	1426±333	1044±84	11
La	8560±913	6482±707	7734±1461	9796±1253	10957±2959	9592±2622	69
Ce	10430±729	7071±687	6365±573	18662±2519	14994±3428	10793±837	139
Sm	965±74	617±60	435±37	1939±273	1406±327	1036±80	12
Eu	266±21	166±17	116±8	544±78	389±97	287±21	2
Tb	163±1	104±10	68±6	339±60	247±67	167±12	2
Yb	583±46	360±35	247±25	1191±170	858±207	636±49	7
Lu	85±6	54±5	35±3	180±24	121±28	93±7	1
Ta	107±10	62±7	48±7	208±29	194±56	106±10	2
U	423±37	271±24	195±24	786±129	683±190	443±33	7
Th	210	334±105	232±116	2394±1115	460±120	1499±552	16

Примечание: результаты ИНАА; ± – стандартная ошибка, Ca, Na, Fe в г/км²хсут., n – количество проб.

Для Кировского района отмечаются максимальные выпадения As и Sb, возможно это связано с выбросами, расположенных здесь предприятий по производству строительных материалов, резинотехнических изделий, кожевенного производства.

Максимальный приток Cr характерен для Советского округа, превышение над фоновым значением составляет в 17,6 раз. В Советском округе рас-

положены крупнейшие предприятия нефтехимической и химической промышленности (ОАО Газпромнефть – ОНПЗ, ООО «Полиом», ОАО «Омский каучук»), ТЭЦ-3, ТЭЦ-4 и др. Известно, что одним из источников хрома являются ТЭЦ, работающие на буром и каменном угле. Соединения хрома используются как катализаторы химических процессов во многих отраслях промышленности – химической, химико-фармацевтической, жидкого топлива, органического синтеза, нефтяной, пищевой и многих других [3].

Таблица 2

Средние значения коэффициентов относительного увеличения общей нагрузки элементов (К_р) в твёрдом осадке снега территории г. Омска

	г.Омск (n=168)	Кировский АО (n=46)	Советский АО (n=31)	Октябрь- ский АО (n=20)	Ленинский АО (n=25)	Центральный АО (n=46)
Co	25,8	21,6	11,7	47,6	35,7	25,1
Cr	11,8	10,7	17,6	11,5	9,0	10,6
Sc	77,4	48,2	33,8	158,7	112,7	82,4
Zn	18,5	20,0	9,9	25,9	26,8	15,8
As	16,7	22,4	10,1	14,1	19,8	15,0
Sb	26,2	47,8	11,2	17,8	22,8	20,8
Ag	58,2	39,2	29,2	109,1	82,6	62,0
Au	4,8	2,9	2,6	7,6	2,6	8,2
Ba	29,5	23,7	14,0	55,7	37,3	30,1
Sr	149,5	94,6	65,8	305,1	235,9	148,2
Rb	23,5	18,6	12,6	41,2	33,5	23,0
Br	51,5	34,3	34,6	63,5	91,0	54,3
Nd	80,2	50,5	40,6	157,3	111,5	86,7
Hf	87,9	56,0	38,3	177,5	127,7	93,5
La	124,2	94,0	112,2	142,1	158,9	139,2
Ce	75,5	50,9	45,9	134,2	107,8	77,6
Sm	78,1	49,6	35,0	156,0	113,1	83,3
Eu	117,6	72,7	51,0	239,2	171,1	126,4
Tb	98,2	62,4	41,1	203,2	148,6	100,4
Yb	86,0	52,8	36,3	174,6	125,8	93,3
Lu	99,0	62,1	40,7	206,8	139,3	107,0
Ta	74,0	43,0	33,0	142,2	132,2	72,7
U	57,4	36,6	26,4	106,0	92,1	59,7
Th	57,2	21,2	14,7	151,8	29,2	95,1
Zp	1677,0	1178,5	858,0	3289,2	2478,0	1869,3

Примечание: n – количество проб.

На территории Ленинского района выявлены максимальные среднесуточные выпадения Zn, Br, La, превышение фоновых значений в 26,8, 91,0 и 159,0, соответственно.

Величина суммарного показателя нагрузки (Z_p), характеризующий эффект воздействия всего спектра рассматриваемых элементов и рассчитанный относительно уровня притока микроэлементов в фоновых районах, на терри-

тории г.Омска варьирует от 858,0 до 3289,2 (табл.2, рис.1). Расчеты величины Z_p показывают, что общий уровень загрязнения для г.Омска, в соответствии с градацией, представленной в работе [3] изменяется от низкого ($Z_p < 1000$) до среднего ($1000 < Z_p < 5000$).

Административные округа по величине суммарного показателя нагрузки ранжируются следующим образом: Октябрьский – 3289,2; Ленинский – 2478,8; Центральный – 1869,3; Кировский – 1178,5; Советский – 858,0.

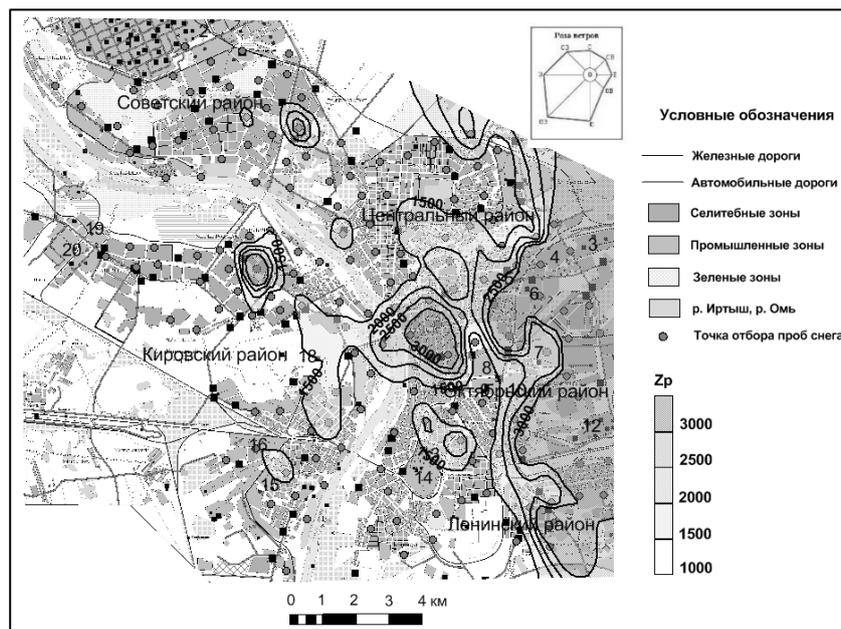


Рис. 1. Схема пространственного распределения суммарного показателя нагрузки (Z_p) на снеговой покров территории г. Омска

Промышленные предприятия (1-20): 1 – ОАО «Газпромнефть-ОНПЗ»; 2 – ТЭЦ-4; 3 – ТЭЦ-5; 4 – Завод крупнопанельного домостроения; РПП «Иртышское»; 5 – ПО «Радиозавод им.А.С. Попова»; 6 – ЗАО «Сибшерсть»; АП ЖБК-1 Омсктрансстрой; Хлебозавод ООО «Форнакс»; ТРЕСТ-5; 7 – ОАО «Омский завод «Автоматика»; 8 – ФГУП «Омское моторостроительное объединение имени П.И. Баранова»; 9 – ПО «Полет» филиал ФГУП «ГКНПЦ им.М.В. Хруничева»; 10 – ОАО «Омкшина»; 11 – ЗАО «Завод сборного железобетона», Опытно-механический завод ООО «Центра Транспорт»; 12 – ОАО «Омсктехуглерод»; 13 – ТЭЦ-2; 14 – Омский завод железобетонных конструкций, филиал ОАО «РЖДС»; 15 – ООО «Западно-Сибирский Металлургический Комбинат», АО «Омскокожа», Комбинат вяленой обуви; ООО «Омский трубный завод «Петал», ООО «ЭкоХим»; 16 – ЗАО «Омскхлебпродукт», УПТК «Сельхозводстрой», ООО «Омскмясо» и др., Кировский птицекомбинат; 17 – «Омский комбикормовый завод»; 18 – Аэропорт «Омск Центральный»; 19 – Кировская районная котельная, 20 – ЗАО «Росар», ООО «Омский стекольный завод, ООО «Омский завод трубной изоляции», Омский филиал ОАО «Вимм-Билль-Дан» Манрос-М, ОАО «Омскоблгаз»

Таким образом, общая нагрузка химических элементов на окружающую среду г. Омска (массы загрязнителя, выпадающего на единицу площади за единицу времени) в твердой фазе снегового покрова составляет от 4,3 до 120298 мг/(км²×сут). Максимум величин среднесуточного выпадения химических элементов на снеговой покров приходится на восточную и юго-восточную часть города (Октябрьский и Ленинский районы), где расположены предприятия химической и нефтехимической промышленности, предприятия машиностроения, приборостроения, а также сказывается влияние ТЭЦ-5. Минимум – на западную и северо-западную часть (Кировский и Советский районы).

Установлено, что по суммарному показателю нагрузки территория г. Омска оценивается от низкого до среднего уровня загрязнения ($Z_p < 5000$).

Литература

1. Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения. Общие требования к разработке, построению, изложению и содержанию. РД 52.04.667-2005. М.: Метеоагентство Росгидромета, 2006. 60 с.
2. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве: утв. Главным государственным санитарным врачом СССР от 15.05.1990 г., №5174-90: URL: <http://www.law.edu.ru/norm/norm.asp?normID=1275817> (дата обращения: 10.02.2011).
3. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами. М.: ИМГРЭ, 1982. 112 с.
4. *Саев Ю.Е., Ревич Б. А., Янин Е.П.* Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.
5. *Таловская А.В.* Геохимическая характеристика пылевых атмосферных выпадений на территории г. Томска // *Оптика атмосферы и океана*. 2010. Т. 23. № 6. С. 519-524.
6. *Шатилов А.Ю.* Вещественный состав и геохимическая характеристика атмосферных выпадений на территорию Обского бассейна: Авторефер. дис. канд. геол.-минерал. наук. – Томск, 2001. – 24 с.
7. *Язиков Е.Г., Таловская А.В., Жорняк Л.В.* Оценка эколого-геохимического состояния территории г.Томска по данным изучения пылеаэрозолей и почв. Томск: Изд. Томского политехнического университета, 2010. 264 с.

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА «ВРГ» В РАМКАХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

А.В. Новосельцев

Ростовский государственный строительный университет,
344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, д. 162. E-mail: www.ug-3@yandex.ru

Стремительный и порой бесконтрольный рост городских территорий за счет освоения участков бывших промышленных зон и мест несанкционированного складирования бытовых отходов, значительно увеличивает риск застройки площадей распространения потенциально газогенерирующих грунтов. Важным аспектом данной проблемы является так же неподконтрольное планирование городских территорий, в первую очередь, за счет засыпки оврагов и балок грунтами, не предназначенными для этой цели, в том числе и бытовыми отходами. Мощности насыпных грунтов в таких случаях достигает порой двух и более десятков метров, что может послужить источником для значительных объемов техногенного биогаза.

Основными компонентами техногенного биогаза являются: метан (до 40-60% об.), углекислый газ, окислы азота, тяжелые углеводороды, угарный газ, сероводород, аммиак, молекулярный водород и др.

При строительстве на площадках распространения насыпных грунтов существует опасность миграции и накопления биогаза в технических подпольях зданий и инженерных коммуникациях до взрывоопасных концентраций по метану (свыше 5% при содержании $O_2 < 18\%$) или до токсичных содержаний (выше предельно допустимых концентраций) отдельных компонентов.

Потенциально опасными в газогеохимическом отношении считаются грунты с содержанием метана 0,1-1,0% и CO_2 1,0-5,0%; в опасных грунтах содержание метана $> 1,0\%$ и $CO_2 > 5\%$; пожаро- и взрывоопасные грунты содержат метана $> 5,0\%$, при этом содержание $CO_2 - n \cdot 10\%$ [7, 8].

В рамках исследования газогеохимической опасности территорий, производятся различные виды поверхностных и скважинных исследований, лабораторные исследования компонентного состава свободного грунтового воздуха, газовой фазы грунтов, растворенных газов и биогаза, диссипирующего в приземную атмосферу.

На основе изучения поверхностной и глубинной структуры газового поля производится газогеохимическое районирование территории – выделение в грунтовом массиве зон разной степени опасности.

Для решения данной задачи в полной мере подходит разработанный сотрудниками кафедры ИГОФ РГСУ расчетно-графический программный комплекс «ВРГ» позволяющий в значительной мере упростить процесс обработки лабораторных и полевых данных газогеохимических исследований [6].

Несмотря на то, что «ВРГ» разрабатывался в рамках исследования геохимии водорастворенных газов нефтегазоносных комплексов [5], практика показала, что область его применения может быть шире чем предполагалось изначально.

Разработанный программный продукт «ВРГ», позволяет в короткое время обрабатывать значительные объемы данных лабораторных исследований, дополнять и редактировать базы данных с использованием современных цифровых технологий (рис. 1) [1-4].



Рис. 1. Препроцессор программы

Функционал представленного программного комплекса позволяет создавать числовые массивы, необходимые для построения карт газораспространенности и газонасыщенности с использованием графического редактора Surfer версии 7,0 или более поздней версии (рис. 2, 3).

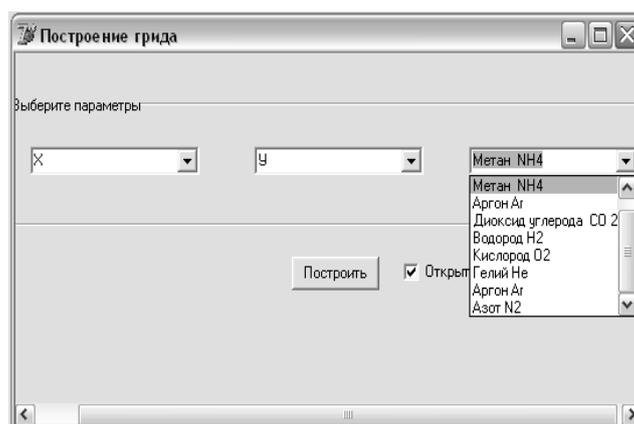


Рис. 2. Окно построения числовых массивов

КОМПЛЕКСНЫЕ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ В БЕЛАРУСИ

Л.Н. Рябова, И.А. Залыгина

Институт природопользования НАН Беларуси, ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Беларусь.
E-mail: ryabova@nature.basnet.by

В Беларуси начаты работы по экологической оценке состояния компонентов ландшафтов с построением электронных карт загрязнения. В 2012-2014 гг. проведены широкомасштабные комплексные эколого-геохимические исследования компонентов ландшафтов Брестской области, территория которой граничит с Польшей и Украиной. Это позволило выявить особенности формирования техногенных геохимических аномалий в зонах различного использования земель (природные, агроселитебные, промышленные, saniрующие, зоны воздействия локальных источников загрязнения и др.), определить приоритетные загрязнители и установить интенсивность загрязнения компонентов ландшафтов под влиянием различного рода хозяйственной деятельности. Одним из важнейших результатов исследований стало составление электронных карт загрязнения почвенного покрова, донных отложений, пород зоны аэрации, поверхностных и грунтовых вод области в масштабе 1:200 000.

Почвы городов Брестской области, где развита преимущественно легкая и пищевая промышленность, характеризуются относительно невысоким уровнем загрязнения, согласно оценочной шкале опасности загрязнения почв по суммарному показателю Z_c [2] практически вся исследуемая территория относится к категории допустимого загрязнения и только менее 0,7% от всей площади земель попадает в категорию опасного уровня загрязнения.

Относительно неблагоприятная экологическая обстановка складывается в пределах г.Пинска и его пригородов. В городе работает более 50 промышленных предприятий. Ведущими отраслями в экономике города являются лесная и деревообрабатывающая, легкая, пищевая промышленности, машиностроение и металлообработка. Работают предприятия химической, микробиологической, полиграфической и других отраслей. В табл.1 приведены данные среднего химического состава почв различных функциональных зон города. Наиболее высокие коэффициенты загрязнения почвы отмечены в районе очистных сооружений Превышение ПДК [1] по цинку здесь достигает 9, хрома – 3, меди – 1,5. На юго-восточной окраине города в промзоне (Бош-сервис, гаражи) в пойме р. Пина коэффициент загрязнения составляет 22,9. Отмечено превышение ПДК по никелю, меди и цинку. В промзоне г. Пинска (завод искусственных кож и «Пинскдрев») коэффициенты загрязнения почв варьируют в пределах 22,7-31,1, концентрации выше значений ПДК установлены для цинка, никеля, меди, ванадия.

Таблица 1

Средние содержания определенных ингредиентов в почвах различных функциональных зон города Пинска Брестской области, мг/кг

NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl	Нефтепродукты	Ni	Co	V	Mn	Cr	Pb	Cu	Zn	Zc
<i>Промышленная</i>												
81,02	15,4	19,6	964,7	42	10	98	940	70	32	47	190	17,2
<i>Санитрующая</i>												
91,0	349,8	24,5	257,1	30	1	50	700	300	20	100	1000	39,8
<i>Гаражные застройки</i>												
7,0	102,9	68,6	646,4	50	5	100	1000	70	30	100	300	22,9
<i>Транспортная</i>												
16,5	1,5	14,7	40,1	20	2	50	300	20	10	10	70	2,1
<i>Водозабор</i>												
16,9	1,4	19,6	0,8	10	0,7	70	1000	20	7	10	30	1,6
<i>Жилая многоэтажная</i>												
45,0	1,50	19,6	332,8	50	10	70	700	70	30	20	100	12,4
<i>Жилая малоэтажная</i>												
69,6	10,29	19,6	69,6	50	15	70	1000	100	30	50	100	18,2
<i>Общественно-деловая</i>												
2132,0	748,9	882,5	153,9	50	15	70	700	70	30	30	70	14,9
<i>Рекреационная</i>												
55,9	53,50	26,97	23,1	30	2	40	500	45	20	33	60	5,5
Фоновые значения (по данным опробования 2012-2013 гг., n=211)												
19,7	20,4	22,4	-	12,5	4,4	26,4	384,6	30,3	12,9	11,3	26,4	-

Содержание нефтепродуктов в почвах промышленной зоны г. Пинска в 80% от всех проб не соответствует санитарно-гигиеническим нормам. Превышение нормативных показателей по содержанию нефтепродуктов отмечены также в жилой многоэтажной зоне г. Пинска, где превышение ПДК составляет 6,6 раз и жилой малоэтажной, где зафиксированы концентрации нефтепродуктов в 1,4 раза выше санитарных норм.

Концентрация фенолов в почвах колеблется в широких пределах – от “не обнаружено” до 0,958 мг/л, СПАВ – от “не обнаружено” до 0,62 мг/л. Наибольшие средние концентрации в почвах водорастворимых соединений установлены в общественно-деловой зоне г. Пинска (табл. 1). Здесь содержание сульфатов превышает санитарные нормы в 4,7 раза, нитратов – 16,4 и хлоридов в 8,8 раз. В почвах этой зоны г. Пинска также отмечена высокая концентрация нефтепродуктов, превышающая нормативные показатели.

Отложения зоны аэрации в городе Пинске и его пригородах представлены в основном флювиогляциальными, аллювиальными и озерными песками. Мощность отложений колеблется от 0,5 м (в поймах рек) до 5,7 м. На рис. 1 приведена карта загрязнения пород зоны аэрации территории города Пинска в масштабе 1:50 000. Полученные данные свидетельствуют, что мак-

симальные зоны загрязнения приурочены к промышленным зонам. Так, в г. Пинске в 0,5 км от железнодорожной станции в отложениях зоны аэрации (скважина ПИН-142) Zc составил 9,8 (рис. 1). Ряд концентрирующихся элементов имеет вид:

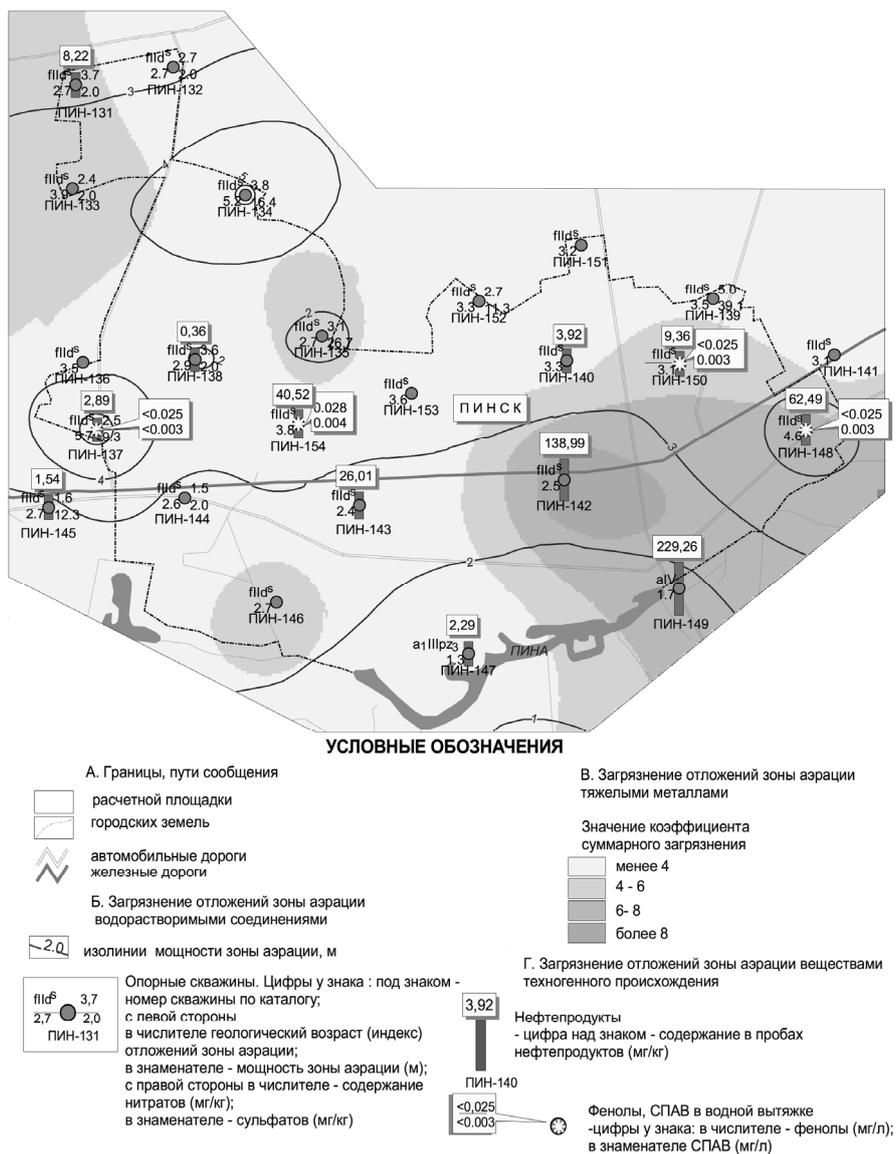
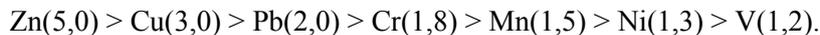


Рис. 1. Карта загрязнения пород зоны аэрации территории города Пинска. Масштаб 1:50 000

В нижних слоях зоны аэрации городов Брестской области (в водной вытяжке) определялись 17 элементов, содержание нефтепродуктов, СПАВ и фенолов. Ниже чувствительности метода исследований были определены концентрации ванадия, марганца, стронция, бария, скандия, лития, бора. Концентрация хрома во всех исследованных образцах составила <0,02 мг/л, молибдена и мышьяка – <0,005, ртути – <0,0005 мг/л. Из 69 образцов в 17% отмечено присутствие СПАВ и фенолов, наличие нефтепродуктов зафиксировано во всех пробах.

Результаты статистической обработки геохимических данных нижних слоев зоны аэрации показали, что наибольшие средние концентрации тяжелых металлов в водной вытяжке характерны для отложений верхнеплейстоценово-голоценового аллювиального горизонта (aIV). В этих же отложениях зафиксированы максимальные концентрации в водной вытяжке нефтепродуктов – 0,2690 мг/л, содержания СПАВ и фенолов достигают 0,0280 и 0,006 мг/л соответственно. Это связано с небольшими мощностями зоны аэрации, сложенными легкими по гранулометрическому составу отложениями и обладающими благоприятными условиями для миграции техногенных компонентов на глубину.

В целом, полученные геохимические данные свидетельствуют, что в зоне аэрации происходят активные процессы загрязнения за счет вертикальной миграции. Свидетелями, маркирующими эти процессы, выступают компоненты техногенного происхождения, определенные в нижних слоях зоны аэрации – нефтепродукты, фенолы, СПАВ и тяжелые металлы, что негативно сказывается на состоянии грунтовых вод первого от поверхности водоносного горизонта.

Донные отложения рек Припяти и Пина, протекающих в пределах г. Пинска, характеризуются преобладанием в солевом составе в 50% проб аммонийной формы азота над нитратной. Кратность соотношения концентраций указанных соединений 8,6 раз. В донных отложениях Припятского Полесья содержания нитратов выше ПДК не выявлено. Наиболее часто встречаемые концентрации NH_4^+ лежат в интервале 3,5-7,0 мг/кг, NO_3^- – 4,0-7,0 мг/кг. Нитритный азот в донных отложениях присутствует в небольших количествах, максимальное количество проб имеет содержание от 0,1-2,0 мг/кг. Характерной чертой для донных отложений водоемов всей Брестской области, и г. Пинска в частности, является значительное превышение в них концентраций водорастворимых сульфатов над содержаниями в прилегающих к водоему почвах и торфяниках в десятки и сотни раз. Содержание хлоридов в донных отложениях рек, протекающих в пределах г. Пинска лежит в интервале 14-40 мг/кг, фосфатов – 0,3-1,3 мг/кг. Концентрации нефтепродуктов варьируют пределах от не обнаружено до 120,6мг/кг (р. Пина ниже г.Пинска). Наиболее часто встречаемые содержания нефтепродуктов находятся в интервале 2,5-12,0 мг/кг, фенолов – от менее 0,003 до 0,008 мг/л. Наибольшие значения фенолов определены в донных отложениях р. Пина – 0,012 мг/л. Здесь же установлены высокие концентрации цинка – 100 мг/кг. Полученные результаты свидетельствуют, что в донных отложениях

ях рек отмечается отчетливая тенденция превышения содержаний в отложениях, отобранных ниже городов, свинца в 1,4-4,0 раза, цинка – 1,4-3,3, аммонийного азота – 1,8-3,0, сульфатов до 142, нефтепродуктов – 1,3-52,0, фенолов до 4 раз.

Литература

1. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно-допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве: гигиенические нормативы 2.1.7.12-1.-2004 // Сб. нормативных документов по разделу коммунальной гигиены. Мн., 2005. С. 25-45.

2. Саен Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.

ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОГЕННО НАГРУЖЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВЕ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

П.А. Рязанцев

Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11.
E-mail: chthonian@yandex.ru

Техногенно нагруженные территории представляют собой повышенный источник природно-техногенной опасности в зонах урбанизации [2]. Вследствие длительной эксплуатации, подобные площади подвергаются воздействию множества антропогенных факторов, что приводит к изменению всех составляющих окружающей среды. Современные тенденции геоэкологических исследований основаны на применении комплексного мониторинга геологической среды, включающего углубленное изучение механизмов образования зон загрязнений, а также миграции загрязняющих элементов. Использование различных методов позволяет исследовать объект в более широком диапазоне характеристик и выявить новые закономерности его характеризующие. Так, например, способом изучения территорий подвергшихся интенсивному антропогенному влиянию является использование методов геофизики [1,7]. Преимуществом такого подхода заключается в возможности проведения неразрушающего экспресс-контроля исследуемых площадей с целью мониторинга. Создание моделей на основе данных геофизики служит средством для локализации областей загрязнений.

В представленной работе рассматривается опыт геофизических работ, проведённых на территории промышленной площадки, расположенной в центре г. Петрозаводска (Республика Карелия). Интерес к выбранному объек-

ту обусловлен интенсивным воздействием факторов загрязнения (присутствие машиностроительного комплекса, длительная промышленная эксплуатация), а также переводом данной территории в разряд социальной застройки. Геофизические наблюдения на исследуемой площади выполнялись методикой электротомографии с измерением удельных электрических сопротивлений (УЭС) и вызванной поляризации (ВП). Электротомография широко применяется при инженерных и геоэкологических изысканиях. Как показывают различные исследования, изменение параметров УЭС и ВП в геологической среде может быть обусловлено наличием загрязнений или связано с вторичными процессами [4,7]. Измерения осуществлялись при помощи электроразведочной станции СКАЛА-48. Следует отметить, что проводимые работы в значительной степени были затруднены наличием плотной застройки производственных зданий и технической инфраструктуры, в результате чего не соблюдалась упорядоченная сетка наблюдений.

Целью геоэкологических изысканий при помощи электротомографии было обнаружение областей загрязнения грунта нефтепродуктами, для чего было выполнено три профиля рядом с вероятными источниками возникновения таких загрязнений. К таким источникам относятся мазутохранилище и нефтеловушка. Несмотря на то, что изначально нефтепродукты являются диэлектриками, в процессе длительного нахождения в грунтах, биodeградации, минерализации, роста поровой влаги и т.д. происходит значительное повышение их электропроводности [3,5]. Кроме того, важным показателем наличия загрязнителей в грунте является увеличение ВП [6]. В данной работе измерялся один из интегральных параметров ВП – заряжаемость.

Полевые работы осуществлялись при помощи многоэлектродной станции СКАЛА-48 с длиной линии 235 м и шагом по профилю 5 м. Максимальная глубина исследований была выбрана равной 21 м. Измерения выполнялись симметричной установкой Шлюмберже, заряжаемость измерялась импульсами с окном пропускания 160 мс. Всего было выполнено два профиля длиной 340 м и один 230 м. По полученным данным строились геоэлектрические модели отражающие распределение УЭС (Ом•м) и заряжаемости (мсек) в геологической среде (рис. 1).

В общем случае получаемая картина является естественной для данной геологической ситуации. На моделях наблюдаются три слоя: верхний техногенно изменённый, характеризующийся наличием множества аномалий; слой песков, выдержанный и имеющий средние показатели УЭС; коренные породы, определяемые по высоким значениям УЭС. Главные аномальные области, соотносимые с загрязнениями, локализованы в нижней части песчаного слоя на ПК 60-120 и 250-310 в интервале глубин 8-12 м. Такое местоположение обусловлено тем, что пески служат коллектором, а коренные породы непроницаемым упором для жидких загрязнителей. Существующие области загрязнения, имеют пониженные значения УЭС и повышенную заряжаемость, на фоне вмещающих пород. Такие параметры характерны для областей геологической среды, подвергшейся воздействию техногенного загрязнения [6, 10].

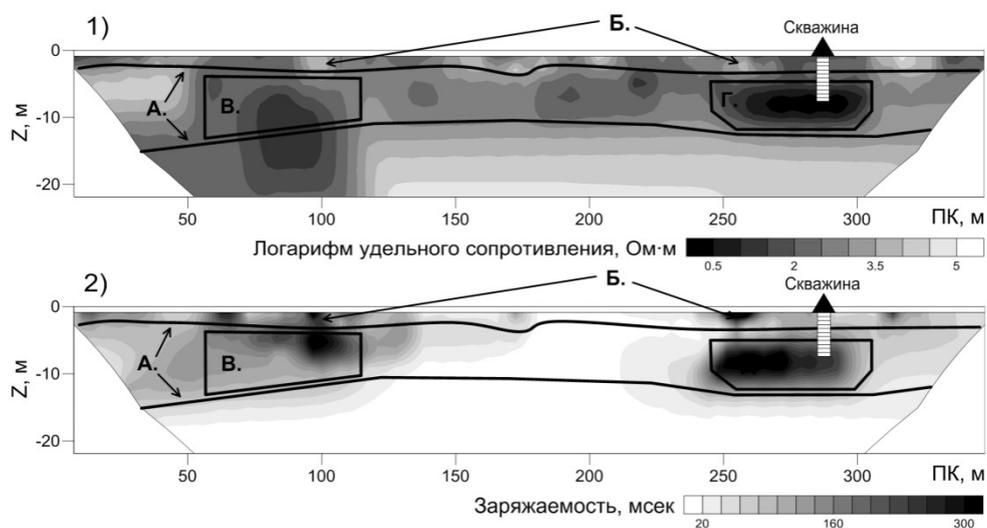


Рис. 1. Геоэлектрические модели по профилю наблюдений:

1 – по данным УЭС; 2 – по данным заряжаемости, где:

A – границы слоёв геологического разреза; *Б* – приповерхностные аномалии, связанные с коммуникациями; *В* – область предположительного загрязнения нефтепродуктами

В данном случае предполагается, что в качестве вещества, вызвавшего появления такой аномалии, выступила эмульсия сложного состава, содержащая нефтепродукты и продукты их биodeградации, воду и глинистые частицы. Вероятнее всего эмульсия не залегает в виде консолидированной линзы, а рассеяна в межпоровом пространстве песков, слагающих рыхлые отложения. Источником для поступления нефтепродуктов в эту область послужила нефтеловушка, вдоль которой и проходил профиль. По-видимому, существовали некоторые утечки и эпизодические разливы, которые и привели к попаданию нефтепродуктов в грунт. Следует отметить, что подобные аномалии наблюдаются и по другим профилям. Некоторые из аномалий были заверены бурением.

Результаты исследований показали эффективность использования геоэлектрических моделей, полученных по данным электротомографии, для эколого-геологической оценки техногенно нагруженных территорий. На изучаемой промышленной площадке установлен ряд областей загрязнения, вызванных утечкой нефтепродуктов. Определено положение и глубина залегания таких объектов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 13-05-98817 «Разработка основ комплексного геоэкологического мониторинга северных урбанизированных территорий».

Литература

1. Геоэкологическое обследование предприятий нефтяной промышленности / Под ред. В.А. Шевнина, И.Н. Модина. М.: РУССО, 1999. 511 с.
2. Косинова И.И., Крутских Н.В., Лаврова Н.Б. Эколого-геохимическая оценка урбанизированных территорий на примере г. Петрозаводска // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2011. № 2. С. 204-211.
3. Тутов К.В., Ильин Ю.Т., Коносаевский П.К., Муслимов А.В., Рыбальченко О.В., Орлова О.Г., Мено А. Изменение физических свойств загрязнённого нефтепродуктами песка при бактериальном воздействии // Геоэкология. 2012. № 5. С. 455-469.
4. Dahlin T., Rosqvist H., Leroux V. Resistivity-IP mapping for landfill applications // First Break. 2010. V. 28. P. 101-105.
5. Shevnin V., Delgado Rodriguez O., Mousatov A., Flores Hernandez D., Zegarra Martinez H., Ryjov A. Estimation of soil petrophysical parameters from resistivity data: Application to oil-contaminated site characterization / Geofisica Internacional. 2006. V. 45. № 3. P. 179-193.
6. Sogade J.A., Scira-Scappuzzo F., Vichabian Y., Shi W., Rodi W., Lesmes D.P., Morgan F.D. Induced polarization detection and mapping of contaminant plumes / Geophysics. 2006. V. 71. № 3. P. 75-84.
7. Vaudelet P., Schmutz M., Pessel M., Franceschi M., Guerin R., Atteia O., Blondel A., Ngomseu C., Galaup S., Rejiba F., Begassat P. Mapping of contaminant plumes with geoelectrical methods. A case study in urban context // Journal of Applied Geophysics. 2011. V. 75. P. 738-751.

ЭКОЛОГОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКСИЧНЫХ И «МАЛЫХ» ЭЛЕМЕНТОВ В ОТХОДАХ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛУГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

И.В. Удалов

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина,
61022, E-mail: igorudalov@ukr.net

Около 300 лет прошло с момента выдачи «на-гора» угля первой шахтой для Луганского чугунолитейного завода – первенца металлургической промышленности юга России. За этот период угольная промышленность Луганской области, как и весь Донбасс, переживала взлеты и падения, военную разруху и послевоенное возрождение. Уже в послевоенный 1945 г. шахты области выдали 12,7 млн.т угля. В последующие 12 лет ежегодно угольная промышленность наращивала добычу в среднем на 3,8 млн.т в год, и в 1958 г. она достигла 61,7 млн.т угля в год.

Анализ литературных источников показывает, что основные запасы угля в Луганской области (74,8%), сосредоточены в пластах с мощностью до 1 м, и лишь 25,2% – в пластах с мощностью более 1 м. В 1961 г. добыча угля

с пластов мощностью до 1 м составляла 61,6%, свыше 1 м – 38,4%. В 1970 г. соответственно – 41,6% и 58,4%; в 1980 г. – 36,0% и 64,0%; в 1988 г. 26,2% и 73,8% соответственно. Это привело к тому, что в большинстве шахт за 10-15 лет были отработаны наиболее мощные пласты и возник вопрос: или снижать, и значительно, мощности, переводя забои на маломощные пласты, или прирезать запасы смежных (опять-таки повышенной мощности) участков. Учитывая, что в последние годы шахты оснащались комбайнами, для добычи угля рассчитанными на выемку запасов в пластах мощностью более 1,0-1,2 м (ИК 101, ГШ-68, 2ГШ-68), естественно, избирался второй путь. Там, где это невозможно, эти комбайны отрабатывают метровые (и менее) угольные пласты, пресекая кровлю и почву угольного пласта [4].

Эти условия стали причиной накопления на поверхности в отвалах значительных количеств вмещающих пород, в количестве порядка 40 млн.т ежегодно. Как следствие произошло стойкое ухудшение экологической обстановки. Кроме того, свою лепту внесли хорошо развитые отрасли промышленности, которые сосредоточены в городах: Луганск, Алчевск, Стаханов, Лисичанск, Рубежное, Северодонецк.

В числе опасных техногенных изменений геологической среды в горнодобывающих районах при добыче угля можно выделить:

- Коренное нарушение природного ландшафта, вызванное техногенными факторами (отвалы, терриконы, хвостохранилища, шламонакопители и т.д.);
- Вывод из оборота значительных земельных ресурсов как в результате размещения отходов угледобывающего производства, так и в процессе химического разрушения почв, снижения их продуктивности;
- Изменение характера и интенсивности геохимических процессов в грунтах и почвах;
- Активизация естественных геологических процессов и возникновение новых инженерно-геологических явлений (карст, оползни, суффозия, оседания, просадки и т.д.);
- Изменение естественного режима, истощение ресурсов и загрязнение подземных и поверхностных вод [1].

Угледобывающая промышленность оказывает комплексное негативное воздействие на окружающую среду. Определено, что одним из основных источников загрязнения почв микрокомпонентами на угольных предприятиях являются отвалы, терриконы и др. Всего на исследуемой территории сосредоточено 566 отвалов пород, из них действующих 159, горящих 186.

Из литературы известно, что загрязнение продуктами горения породных отвалов наблюдается на расстоянии до 2,5 км, а максимальная дальность обнаружения ряда загрязнителей, например тяжелых металлов, в почвах составляет 30-50 км [3].

Известно, что в углях Донбасса содержатся токсичные элементы, негативно влияющие на окружающую среду. Использование местного угля на тепловых электростанциях, коксохимических и металлургических заводах,

в других отраслях промышленности, а также в бытовых целях привело к значительному загрязнению окружающей среды ртутью (Hg), мышьяком (As), свинцом (Pb), селеном (Se), цинком (Zn), кадмием (Cd) и другими токсичными веществами [2, 7, 8].

Кроме загрязнения атмосферы вредными газами, отвалы горных пород отрицательно влияют и на почвы. Площади поврежденной или уничтоженной растительности в связи с воздействием отвалов превышают площадь основания отвалов в 3,0-5,0 раз. Общая площадь, занятая под отвалами горнопромышленных районов (ГПР) Луганской области, составляет около 26 млн.м². С отвалов также выносятся целый ряд токсичных элементов загрязняющих почвы [6].

Анализ публикаций показывает, что в Советском Союзе в 1980-х годах рядом исследователей выполнены работы, где основное внимание было сосредоточено на изучении отвалов горных пород: их гранулометрического и минералогического состава, агрохимических свойств, степени фитотоксичности для оценки возможности и эффективности биологической рекультивации. Однако проблему охраны окружающей природной среды в районах угледобычи нельзя свести только к вопросам рекультивации самих отвалов.

Целью исследований являлось выявление токсичных и «малых» элементов в отходах промышленных предприятий ГПР Луганской области.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- выполнить площадное литохимическое опробование на территории промплощадок угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий;
- изучить степень загрязнения почво-грунтов вокруг этих предприятий;
- выявить особенности распределения токсичных и «малых» элементов на территории исследований.

Для изучения степени загрязнения почво-грунтов токсичными и «малыми» элементами на промплощадках предприятий и вокруг них, а также выявления особенностей их распределения в породных отвалах, терриконах отобрано 1207 литохимических проб по 156 предприятиям. Пробы отбирались по методу конверта со стороны 5 м, состоящие из 5 образцов, глубина отбора до 5 см. Все пробы были проанализированы полуколичественным анализом на 43 элемента, а пробы с аномальными содержаниями токсичных элементов заверялись количественными методами.

Ввиду отсутствия нормированного содержания химических элементов в углях при анализе использовались предельно допустимые концентрации содержания элементов в почвах (ПДК), кларки химических элементов в осадочных породах (по А.П. Виноградову) и фоновое значение содержания элементов в грунтах [7].

Определено, что почвы, находящиеся в зоне влияния промышленных предприятий ГПР Луганской области, загрязнены комплексом опасных и токсичных микрокомпонентов. Выявлено, что основными загрязнителями являются As, Hg, Pb, Zn, Ba, Cd и ряд других. В таблице 1 приведены данные о содержании этих элементов.

Таблица 1

**Содержание вредных элементов в почвах промплощадок
и предприятий ГПР Луганской области**

Содержание микрокомпонента	Кларк в осадочных породах	ПДК в почвах	Промплощадки, мг/кг <u>от-до ср</u>	Отвалы пород, мг/кг <u>от-до ср</u>	Почвы в зоне влияния промпредприятий
As	6,6	2,0	<u>5,8-118</u> 41,0	<u>4-160</u> 46	<u>1,5-99</u> 21
Hg	0,4	2,1	<u>0,5-55,0</u> 3,4	<u>0,1-16</u> 3,0	<u>0,1-140</u> 3,4
Pb	20	30	<u>18,3-237</u> 148	<u>20-500</u> 104	<u>22-522</u> 53
Zn	80		<u>16-1063</u> 167		<u>34-474</u> 123
Co	20		<u>4,9-17</u> 9	<u>8,5-16</u> 9,8	<u>3,9-186</u> 14
Cu	57	100	<u>25-56</u> 41	<u>37-47</u> 41	<u>25-1475</u> 89
Ba	800		<u>296-1685</u> 597	<u>414-1567</u> 703	<u>124-857</u> 450
Cd	0,3	4,0	<u>0,3-24</u> 3,4	<u>0,6-31</u> 0,8	<u>0,1-293</u> 3,1

Отмечено, что каждый элемент имеет свои особенности в распределении на промплощадках, в отвалах и терриконах, вокруг предприятий. Определено, что Hg, As, Pb, Zn, Co, Cu, Ba, Cd, F, Mn имеют практически повсеместное распределение на территориях шахт ГПР Луганской области. Ниже рассмотрим степень загрязнения и особенности распределения токсичных и «малых» элементов на территории исследований.

Выявлено, что содержание As находятся в пределах 1,5-160,0 мг/кг, причем максимальные концентрации приурочены к отвалам пород шахт и обогатительных фабрик. В почво-грунтах вокруг шахт максимальные содержания отмечаются в Алмазно-Марьевском ГПР (до 99,0 мг/кг – 50 ПДК), при средних значениях 21,0 мг/кг (10 ПДК). На промплощадках шахт максимальные концентрации отмечаются в Лисичанском и Алмазно-Марьевском ГПР – 118,0 мг/кг (60 ПДК), при средних содержаниях As – 46,0 мг/кг (23 ПДК).

Установлено, что аномальные концентрации Hg приурочены к промплощадкам коксохимических заводов (КХЗ). На территории Стахановского КХЗ содержание Hg колеблется от 0,75 до 21,0 мг/кг, при средних концентрациях 5,9 мг/кг (3 ПДК). На территории Алчевского КХЗ максимальное содержание Hg достигает 55,0 мг/кг (28 ПДК). Отмечено, что наиболее загрязнена ртутью почва вокруг Стахановского смоло-перегонного завода. Максимальное содержание здесь достигает 140,0 мг/кг (70 ПДК). Повышенные содержания Hg отмечаются также на промплощадках шахт и обогатительных фабрик Алмазно-Марьевского ГПР. Так, на территории Брянковской обогат-

тительной фабрики содержание Hg колеблется от 0,4–16,0 мг/кг, при средних значениях 3,2 мг/кг, что выше ПДК. Причем наиболее высокое содержание 16,0 мг/кг (8 ПДК) отмечается в пробах с угольной пылью. А на площадке шахты «Имени Дзержинского» содержание Hg достигает 18,0 мг/кг (9 ПДК), при среднем содержании 3,1 мг/кг, что в 1,5 раза выше ПДК.

Замечено, что содержание Pb изменяется в широких пределах, и составляют от 10,0 до 3842,0 мг/кг. Максимальные содержания отмечаются в Краснодонском и Алмазно-Марьевском ГПР, и приурочены к промплощадкам шахт (ураганное содержание до 3842,0 мг/кг зафиксировано на промплощадке шахты «Имени Тюленина»), при средних значениях 148,0 мг/кг (5 ПДК). В почво-грунтах вокруг предприятий содержание Pb колеблется от 22,0 до 522,0 мг/кг, при средних значениях 53,0 мг/кг (2 ПДК). В породных отвалах предприятий концентрации свинца находится в пределах 20,0–500,0 мг/кг.

Установлено, что загрязнение почво-грунтов Ва происходит, за счет угольных предприятий. Его содержание колеблется в пределах 124,0–10000,0 мг/кг. В почво-грунтах шахт его содержание достигает 3000,0 мг/кг. Выявлено, что на данной территории загрязнение почв Ва в 2,0–3,0 раза превышает геофон. Максимальные концентрации приурочены к промплощадкам шахт Алмазно-Марьевского ГПР (шахта «Горская» – 10000,0 мг/кг (порядка 40 геофонов)).

Определено, что содержание Cd, в основном, составляет 0,2–1,0 мг/кг, что не превышает ПДК. Встречаются отдельные аномальные концентрации в почвах Боково-Хрустальского ГПР – 293,0 мг/кг (73 ПДК). На промплощадках шахт Алмазно-Марьевского ГПР содержание Cd достигает 24,0 мг/кг (6 ПДК). В отвалах горных пород и терриконах Лисичанского ГПР, его содержание достигает 31,0 мг/кг, что в 103 раза превышает кларковое содержание в осадочных породах.

Отмечено, что содержание F колеблется в рамках от 200–2000 мг/кг, но в основном в пределах ПДК (300–500 мг/кг). Максимальные содержания приурочены к промплощадкам шахт Алмазно-Марьевского ГПР (2000,0 мг/кг – 4 ПДК), а также к породным отвалам шахт Краснодонского и Должановского ГПР (2000 мг/кг – 4 ПДК).

Концентрации Mn фиксируются в широких пределах, от 200,0 до 12567,0 мг/кг. Анализ результатов исследований показал, что аномальные содержания приурочены к предприятиям металлургической и угольной промышленности. Наиболее загрязнены Mn почво-грунты Алмазно-Марьевского ГПР. На промплощадке Алчевского металлургического комбината содержания достигают 12567,0 мг/кг (8 ПДК). Аномалии Mn приурочены и к промплощадкам шахт Должановского ГПР. На промплощадках шахт «Майская», «№ 57» содержание достигает 10000,0 мг/кг (6 ПДК). В основном содержание Mn колеблется в пределах ПДК (300,0 – 1500,0 мг/кг).

Выводы. Необходимо изменить отношение к породным отвалам, произвести оценку их сырьевых запасов. Именно породные отвалы могут обеспечить производство различной продукции на длительную перспективу. В Ев-

росоюзе продукция переработки породных отвалов широко используется, опыт перерабатывающих предприятий показывает их прибыльность.

Литература

1. *Воеводин В.Н.* Региональные проблемы экологической безопасности при горно-промышленном производстве в Украине // *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. 2006. № 1. С. 5-16.
2. *Горовой А.Ф., Горовая Н.А.* Геохимия твердых промышленных отходов предприятий Донбасса // *Минералогический журнал*. 2001. №4. С. 136-142.
3. *Коржнев М.М., Мищенко В.С., Шестопалов В.М., Яковлев С.О.* Концептуальні основи поліпшення стану довкілля гірничовидобувних районів України. К.: РВПС НАНУ, 2002. 76 с.
4. *Кузнецов И.А., Лагутина В.В. и др.* Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР М.: Госгеолтехиздат, 1963. Т. 1: Угольные бассейны и месторождения Юга Европейской части СССР. 1210 с.
5. *Моторина Л.В., Овчинников В.А.* Промышленность и рекультивация земель. М.: Мысль, 1975. 240 с.
6. *Семиноженко В.П., Сталінський Д.В., Касімов О.М.* Промислові відходи: проблеми та шляхи вирішення. Х.: Видавництво «Індустрія», 2011. 544 с.
7. *Справочник по содержанию малых элементов в товарной продукции угледобывающих и углеобогатительных предприятий Донецкого бассейна.* Днепропетровск, 1994. 187 с.
8. *Юдович Я.Э., Кетрис М.П.* Ценные элементы-примеси в углях. Екатеринбург, УрО РАН, 2006. 538 с.

МОНИТОРИНГ УГЛЕВОДОРОДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ИНДИКАТОРНЫХ СООТНОШЕНИЙ ПАУ

А.П. Хаустов, М.М. Редина

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов», 115093 Москва, Подольское ш., 8/5,
Экологический факультет. E-mail: akhaustov@yandex.ru

Загрязнение окружающей среды (ОС) нефтью и нефтепродуктами (НП) – один из самых распространенных видов антропогенных воздействий, приводящих к деградации природных комплексов. Оно обусловлено как аварийными последствиями деятельности на объектах НГК, так и повседневными явлениями (утечки, неизбежные потери и др.). Следствие – масштабные загрязнения почв и грунтов, подземных вод, вывод земель из оборота, а также необходимость значительных затрат на восстановление нарушенных природных комплексов.

Проблемы идентификации углеводородных загрязнений и их мониторинг всегда стоят остро. В отечественной и зарубежной литературе предложен подход, основанный на использовании геохимических маркеров. В роли маркеров могут выступать отдельные компоненты нефти и НП. Особенно эффективны вещества из категории суперэкоотоксикантов – полициклические ароматические углеводороды (ПАУ). Они входят в состав сырой нефти (до 4%) и фиксируются во всех продуктах ее переработки. Соединения данной группы рассматриваются как стойкие органические загрязнители (СОЗ); для некоторых из них подтверждены канцерогенные и мутагенные эффекты. В зарубежной литературе проблема экологических последствий ПАУ-загрязнений – одна из центральных. В России, несмотря на длительное изучение ПАУ в ОС, эти вопросы изучаются лишь отдельными коллективами. Законодательно обязательным признан контроль единственного представителя ПАУ – 3,4-бензпирена. Для сравнения – список агентства по охране ОС США включает 16 обязательных для контроля ПАУ.

С точки зрения генезиса ПАУ условно подразделяются на *пирогенные* (образовавшиеся в результате процессов горения), *биогенные* и *петрогенные* (например, нефтяного происхождения, не связанные с горением). Петрогенные ПАУ образуются в результате многих геохимических процессов с участием углеводородов.

Ранее в наших работах обобщены результаты исследований по трансформации нефти и НП в гипергенных условиях ОС [2-4]. Доказано, что, несмотря на принадлежность ПАУ к группе СОЗ, они подвергаются трансформации и способны мигрировать в средах на длительные расстояния. Наиболее эффективный мониторинг их миграции и формирования можно проводить на основе их индикаторных соотношений. Они активно используются отечественными и зарубежными (Канада, КНР, Тайвань и др.) исследователями [1, 6 и др.].

При анализе скоростей трансформации необходимо учитывать относительную термодинамическую стабильность исходных («родительских») ПАУ. Также необходимо знать характеристики различных источников их генерации и изменения в составе при миграции от источника к «принимающим» средам, относительную устойчивость различных изомеров ПАУ. В частности, невозможность автоматического переноса зарубежных данных на российские условия обусловлена различием природных условий, включая наличие сезонности, освещенности, температуры и влажности сред [1, 5 и др.]. Наибольшее распространены индикаторные соотношения ПАУ, рассчитываемые для веществ одной молекулярной массы – изомеров, часть из которых рассматривают как «кинетические», а другие относят к «термодинамическим» (более стабильным). В табл. 1 обобщены наиболее часто используемые индикаторные соотношения и рекомендованные граничные значения для установления генезиса ПАУ.

Скорость и пути трансформации ПАУ в ОС разнообразны. В почвах некоторые ПАУ могут сохраняться в зависимости от геохимической стойкости от десятков до сотен лет. Пирогенные ПАУ имеют сильное сродство к

летучим органическим частицам (сажа, биогенные взвеси), на которых могут двигаться на большие расстояния благодаря ветру и другим атмосферным явлениям. После попадания в водную среду петрогенные и пирогенные ПАУ, как правило, демонстрируют аналогичное поведение. Тяжелые и сложные соединения сырой нефти и НП более устойчивы ко всем видам деградации, в том числе микробной. Первыми деградируют ПАУ с небольшим количеством бензольных колец. Алкилированные ПАУ имеют различные способности к деградации (в т.ч. микробной) в зависимости от количества и длины алкильных групп. Следствие деградации – изменение состава НП-загрязнения.

Таблица 1

Индикаторы природы ПАУ для различных сред [6]

Значение для петрогенных ПАУ	Значение для пирогенных ПАУ
Фенантрен/ антрацен (Ph/ An)	
$Ph/ An > 10$	$Ph/ An < 10$ $Ph/A \approx 3$ при горении дерева и угля
Антрацен/(сумма изомеров массой 178), $An/(Ph + An)$ или $An/178$	
$An/(Ph + An) > 0,10$ дизельное масло, сланцевое масло, уголь образцы сырой нефти	$An/(Ph + An) < 0,10$ лигнит, выбросы дизельного топлива и мазута
Флуорантен/ пирен, Flu/ Py	
$Fl/ Py > 1$ $Fl/ Py < 0,4$	<ul style="list-style-type: none"> ➤ $Fl/ Py < 1 \Rightarrow$ пирогенные источники • $Fl/ Py < 1,4$ сжигание угля; • $Fl/ Py < 1,0$ сжигание древесины ☐ $Fl/ Py > 0,4$ сжигание
Флуорантен/ (флуорантен + пирен), $Fl/ (Fl + Py)$	
$Fl/ (Fl + Py) < 0,50 \Rightarrow$ большинство НП и продуктов их сгорания	$Fl/ (Fl + Py) > 0,50 \Rightarrow$ сжигание керосина и травы, большинства углей и древесины; креозот
Бенз(а)антрацен / (бенз(а)антрацен + хризен (трифенилен)), $BaA/228$	
$BaA/228 < 0,20$	$BaA/228 > 0,50$ ПАУ – продукт сжигания $BaA/228 > 0,35$
Индено(1,2,3-cd)пирен/ индено (1,2 3-cd)пирен + бенз(ghi)перилен, $IP/ (IP + Bghi)$	
$IP/ (IP + Bghi) < \approx 0,20$	<ul style="list-style-type: none"> • $IP/ IP + Bghi > 0,5$ сжигание травы, древесной сажи, креозота, древесины и угля, кустарниковых пожаров, • $IP/ IP + Bghi < 0,5$ пожары в саванне; продукты сгорания НП и сырой нефти
Соотношение концентраций низкомолекулярных (НМ) и высокомолекулярных (ВМ) ПАУ	
$HM/ VM > 1$	$HM/ VM < 1$
Метилфенантрен и фенантрен (MP/ P)	
$MP/ P > 4,0$ – моторные масла	<ul style="list-style-type: none"> • $\approx 1,0$ для улиц и образцов городской пыли; • 2 ... 6 сжигание ископаемого топлива (технологии прямого впрыска)
Сумма метилфлуорантена и метилпирена к флуорантену ($Mflu + MPy)/ Flu$	
$(MFl+MPy)/Fl > 1$	$(MFl+MPy)/Fl < 1$

Покажем возможности диагностики происхождения загрязнений для источников явно нефтяной (петрогенной) природы. По литературным данным были отобраны разнообразные с точки зрения происхождения (регион, время контакта с поверхностными условиями и др.) нефтесодержащие пробы. Анализы характеризуются значительной вариабельностью отдельных ПАУ, что позволило охватить весь возможный диапазон их изменений в различных субстанциях, а также возможные ошибки, обусловленные разными способами экстракции и методами аналитических определений.

Рассматривались данные о концентрациях ПАУ в усредненных пробах нефтей Западно-Сибирской и Волго-Уральской нефтегазовых провинций, 48 различных нефтей США; пробах из шламовых амбаров старых геологоразведочных скважин на территории ХМАО; пробах, отобранных по разрезу при загрязнении грунтов усинской нефтью (респ. Коми); пробах со дна резервуара для хранения НП (США); в нефтезагрязненных почвах в США; в нефти месторождений Северного моря; в сухом и свежем шламах с месторождения Zhongyuan в Китае; в природных битумах Нигерии, подвергавшихся фотолизу (период фотолиза – 0, 1, 3 и 6 мес.); в пробах почв в районе влияния НПЗ; в пробах гидрогеотермальных нефтей; в шламе флокуляционно-флотационной установки НПЗ США; данные о деградации ПАУ в присутствии биодоброудобрений; о составе ПАУ венесуэльских тяжелых нефтей; в битумах, используемых на НПЗ для производства асфальтов¹. Все рассмотренные источники не связаны с горением нефти, поэтому исходно предполагалось, что маркеры должны соответствовать общепризнанным граничным значениям.

Наши расчеты показали, что далеко не все коэффициенты отвечают своему прямому назначению. Даже коэффициенты на основе соотношения концентраций флуорантена и пирена, традиционно рассматриваемые в качестве маркеров петрогенной природы, оказались информативны не в большинстве случаев. Процент совпадений с указанными в табл. 1 границами составил от 20,8 до 79,2%. Максимально точные оценки генезиса ПАУ позволяют получить соотношения $Fl / (Fl + Py) < 0,50$ (76,6% совпадений) и $An / (Ph + An) > 0,10$ (57,1% совпадений), минимальная точность – для $(Py+Flu) / (Chr+Ph) > 0,5$.

Несходство результатов расчетов объясняется разнообразием условий трансформации ПАУ в природных условиях. Соответственно, состав загрязнений (соотношения изомеров ПАУ) варьирует также весьма значительно. Определенную роль играет время контакта нефтей с наземными условиями

¹ По данным: Анчугова Е.М., Маркарова М.Ю., Щемелинина Т.Н. и др., 2010; Ожегов Э.А., Гадышев В.А., Щербачев О.В., 2013; Соромотин А.В., Самсонов Д.П., Гертер О.В. и др., 2010; Bowen, C., De Groot, P., & Brandt, C. A., 2010; Crude oil category assessment document Nr. 201-16852B; Inengite A. K., Oforka N. C., Osuji Leo C., 2012; Kawka O.E., 1990; Kuang, S., & Zhao, L., 2011; Kerr J. M. et al., 1999; Kriipsalu M., Marques M., Maastik A., 2008; Olabemiwo O. M., Adediran G. O., Adekola F. A., 2010; Pampanin D. M., Sydnese M. O., 2013; Polaris Applied Sciences, Inc. 2005; Ubani O., 2012.

(различия для нефтешламов и сырых нефтей), а также процессы переработки нефти на НПЗ. Яркий пример влияния условий ОС приведен в [5] для сезонов засухи и дождей: в нефтезагрязненных почвах меняется не только суммарное содержание ПАУ, но и соотношение их концентраций (по коэффициенту Flu/Py – в 1,5-2 раза).

Компонентный анализ для массива из 77 объектов по 7 коэффициентам-индикаторам генезиса ПАУ позволил выделить 3 главные компоненты, объединившие 63% дисперсии признаков:

- $ГК_1$ (27% дисперсии) объединяет индексы Ph/An и $An/(Ph + An)$, со значимым и высоким вкладом в $ГК_3$ (разнонаправленные знаки), а также $IP/(IP + Bghi)$; такую «компоновку» фактора можно объяснить технологией расчетов индикаторных соотношений, а также их генезисом и степенями деградации;

- $ГК_2$ (19% дисперсии признаков) объединяет индексы Fl/Py и $Fl/(Fl + Py)$ с высокими положительными значениями; эти индексы традиционно позволяют относительно эффективно идентифицировать нефтяную природу ПАУ;

- $ГК_3$ (18% дисперсии) включила индикаторное соотношение $BaA/(BaA + Chr)$ с высоким значением факторного вклада.

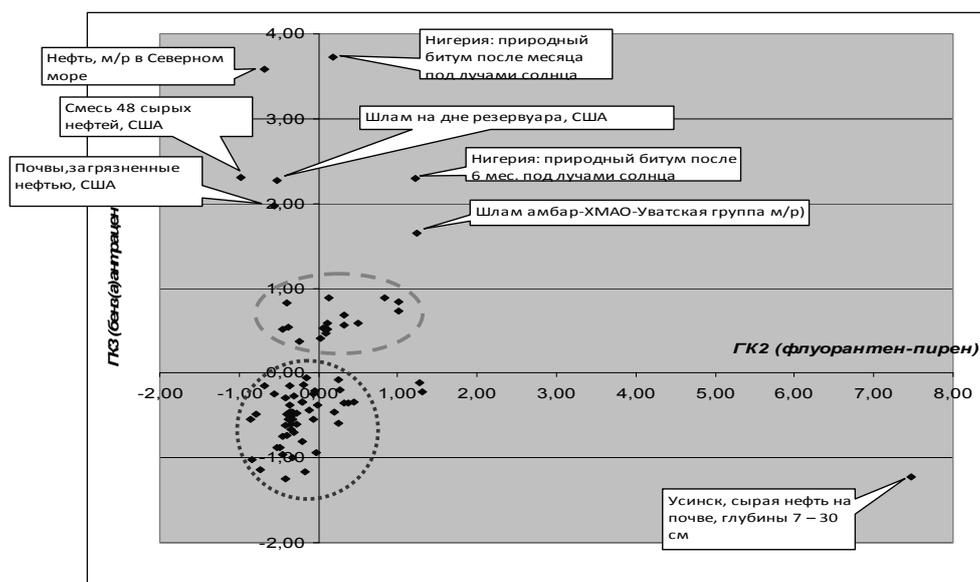


Рис. 1. Распределение объектов в плоскости $ГК_2$ и $ГК_3$

Распределение объектов в плоскости $ГК_1$ и $ГК_2$ продемонстрировало относительно единую группировку объектов вытянутую вдоль оси $ГК_1$. Аномалии – усинская сырая нефть в интервале 7-30 см, что связано с низким

содержанием пирена, а также нефть месторождения Северного моря (вследствие повышенной концентрации фенантрена).

Более контрастно выделяются группы объектов в плоскости ГК₂ и ГК₃, (рис. 1).

Ряд объектов находится на значительном удалении от двух выделенных групп. Эти точки соответствуют пробам с наиболее значительной степенью трансформации в ОС (разложение под лучами солнца в течение 1 и 6 месяцев), а также пробы из нефтезагрязненных почв и обобщенная проба 48 различных нефтей. Интересно, что пробы нефтей, нефтезагрязненных почв и шлама со дна резервуара из США расположились в левом верхнем квадранте, а пробы нигерийских битумов и шлама из амбара скважины Уватской группы месторождений – в правом. Возможно, это объясняется региональной спецификой состава нефтей и битумов, либо спецификой пробоотбора и экстракции.

Верхняя группа объектов объединяет пробы из поверхностных слоев почв, загрязненных нефтешламом (Усинск), чистые почвы в районе эксперимента с Усинской нефтью; пробы почв в районе влияния НПЗ в Нигерии (преимущественно соответствуют сезону дождей); пробу природного нигерийского битума, подвергавшегося фотолузу в течение 3 мес.; пробы нефтешламов, подвергавшиеся компостированию с животными удобрениями в течение 10 мес.; сухой и свежий буровой шлама (Китай), а также 2 пробы венесуэльской нефти). Таким образом, эта группу интерпретируется как *пробы, содержащие преобразованные соединения*.

Нижняя группа объединила большинство проб из шламовых амбаров; пробы почв из зоны влияния НПЗ в Нигерии (соответствуют сухому сезону), пробу природного битума (Нигерия), не подвергавшегося фотолузу; все пробы гидротермальной нефти; усредненная проба из 60 мировых проб нефтей; 5 из 7 венесуэльских нефтей; буровой шлам (Нигерия); битумы, для получения асфальта (ближневосточный и получаемый при сверхбыстрой вакуумной очистке), а также шлам флокуляционно-флотационной установки НПЗ США. Эти пробы соответствуют *мало преобразованным объектам*. Попадание в эту группу шламов из амбаров старых скважин можно объяснить относительно низкой скоростью деградации нефтяных соединений.

Для этих групп показаны явные отличия в значениях индикаторных соотношений (табл. 2). Как видно из таблицы 2, при относительной близости обеих групп по значениям некоторых индикаторных соотношений (Ph/An , $(Py+Flu)/(Chr+Ph)$), по другим коэффициентам очевидны различия. Так, соотношению Fl/Pu группы различаются более чем в 5 раз, по соотношению $VaA/(VaA+Chr)$ – в 2,5 раза, по $An/(Ab+Ph)$ и $IP/(IP + Bghi)$ – около 1,5 раз. Сопоставление же значений индикаторных соотношений двух этих групп с общепринятыми значениями показывает весьма широкие пределы вариаций. Очевидно, что для конкретных объектов необходимо уточнение границ индикаторных соотношений.

Таблица 2

Значения индикаторных соотношения для двух групп нефтесодержащих проб

	Ph/An	Fl/Py	An/(Ph + An)	Fl/(Fl + Py)	(Py+Flu)/ (Chr+Ph)	BaA/ (BaA + Chr)	IP/(IP + Bghi)
Группа 1							
<i>мин</i>	0,02	0,22	0,01	0,18	0,26	0,40	0,00
<i>макс</i>	71,11	9,21	0,98	0,90	4,72	0,71	1,00
<i>сред</i>	10,08	2,14	0,38	0,54	1,46	0,48	0,63
Группа 2							
<i>мин</i>	0,04	0,00	0,02	0,00	0,21	0,00	0,00
<i>макс</i>	61,54	303,03	0,97	1,00	7,88	0,44	1,00
<i>сред</i>	12,16	11,27	0,21	0,29	1,25	0,19	0,37
Общепринятые значения индикаторных соотношений для ПАУ петрогенной природы							
	> 10	> 1* < 0,4	> 0,10	< 0,50	< 0,5	< 0,20	< 0,20

Проведенный анализ эффективности индикаторных соотношений ПАУ позволил получить следующие выводы.

1. Использование индикаторных соотношений ПАУ позволяет идентифицировать генезис ПАУ нефтей и нефтешламов с различной степенью достоверности. Максимальная точность в разделении петрогенных и пирогенных ПАУ достигается при использовании индикаторных соотношений $Fl/(Fl + Py)$, т.е. ПАУ молекулярной массы 202.

2. Широко используемые за рубежом граничные значения индикаторных соотношений не могут автоматически переноситься на все условия ОС и все виды сред. Требуется существенная корректировка их использования в зависимости от исследуемых материалов.

3. Применение комплекса коэффициентов-индикаторов генезиса ПАУ позволяет более достоверно разделить нефтесодержащие пробы различного происхождения, состава и времени контакта с условиями земной поверхности, а также относительно уверенно идентифицировать в разной степени преобразованные пробы. Однако для этого необходимо проведение статистического анализа выборки проб.

4. Условия гипергенеза оказывают значительное влияние на состав и соотношение ПАУ. Трансформация НП на дневной поверхности и их миграция в компонентах среды приводит к перестройке соотношений ПАУ в их составе по сравнению с исходными «свежими» нефтями и загрязнениями. Это отражается на величинах индикаторных соотношений и появляется возможность разделения загрязнений различного «возраста».

Практическое использование результатов связано с возможностями установления виновников загрязнений (реализация принципа «загрязнитель

платит»); уточнением информативности применяемых индикаторов для различных сред, климатических условий, применяемых технологий и материалов; акцентированием внимания на ПАУ как приоритетном виде загрязнений ОС.

Материал подготовлен в рамках работ по госконтракту 14.584.22.0011 – «Разработка экспертной системы реабилитации геологической среды, загрязненной нефтепродуктами, на основе принципов самоорганизации для территории стран СНГ».

Литература

1. Ровинский Ф.Я., Теплицкая Т.А., Алексеева Т.А. Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 226 с.
2. Хаустов А.П., Редина М.М. Полициклические ароматические углеводороды как геохимические маркеры нефтяного загрязнения окружающей среды // Экспозиция. Нефть. Газ. 2014. №4(36). С. 92-97.
3. Хаустов А.П., Редина М.М. Трансформация нефтепродуктов в геологической среде при изменении их битумоидного статуса // Геоэкология. Инженерная геология. Геокриология. 2013. № 6. С. 502-515.
4. Хаустов А.П., Редина М.М. Трансформация нефтепродуктов как источник токсичных загрязнений природных сред // Экология и промышленность России. 2012. №12. С. 38-44
5. Inengite A.K., Oforka N.C., Osuji Leo C. Sources of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in an Environment Urbanised by Crude Oil Exploration //Environment & Natural Resources Research. 2012. T. 2. №. 3.
6. Yunker M.B., Macdonald R.W., Vingarzan R. et al. PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition/ Organic Geochemistry, 2002. Vol. 33. P. 489-515.

ОЦЕНКА МИГРАЦИИ КАДМИЯ В ЗОНЕ АЭРАЦИИ НА УЧАСТКЕ БЫВШИХ ЛЮБЛИНСКИХ ПОЛЕЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Т.И. Юганова, И.В. Галицкая, В.С. Путилина

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Уланский пер., 13, стр. 2,
Москва, 101000, Россия. E-mail: tigyru@gmail.com

В настоящее время одним из недостаточно разработанных вопросов остается количественная оценка отложений зоны аэрации как вторичного источника загрязнения подземных вод. В современной практике такая оценка часто проводится на основании определения степени загрязнения зоны аэрации валовыми или (что более обосновано) подвижными формами химических

веществ по отношению к ПДК или к миграционному водному показателю вредности. Более прогрессивным является подход, заключающийся в определении форм нахождения химических элементов фазовым геохимическим методом и расчетах влаго- и массопереноса в зоне аэрации с использованием современных программных комплексов, что позволяет оценить изменения содержания загрязняющих веществ в почвах и породах и их концентрации, поступающие на уровень грунтовых вод.

Наиболее существенные неопределенности при расчете массопереноса связаны с параметрами межфазных физико-химических взаимодействий. В связи со сложностью проведения экспериментов в натуральных условиях практически единственным методом определения данных параметров остается лабораторный. Однако при этом практически невозможно создать условия, полностью соответствующие природным, и, следовательно, трудно оценить соответствие полученных параметров реальным значениям. В этой связи определенный интерес представляет исследование возможных значений параметров межфазного взаимодействия по результатам эпигнозного моделирования.

Основная задача настоящего исследования – определение сорбционных параметров на основе эпигнозного моделирования. Значения этих параметров необходимы для последующей оценки концентраций загрязняющих веществ, поступающих на уровень грунтовых вод, и их миграции в водоносном горизонте. В качестве объекта выбран участок «Марьино» (г. Москва), являющийся в течение последнего десятилетия одним из основных исследовательских полигонов, где проводится изучение различных аспектов проблемы загрязнения подземных вод на территориях бывших полей фильтрации. На данном участке уже проводилась апробация подхода, основанного на расчетах влаго- и массопереноса меди в зоне аэрации, что позволило количественно оценить концентрации меди, поступающие на уровень грунтовых вод в различные периоды, и время полного очищения зоны аэрации при различных вариантах выемки загрязненных грунтов [1].

Подбор параметров проводился на основе эпигнозного моделирования загрязнения пород зоны аэрации кадмием в течение 1912–2002 гг. Кадмий выбран в качестве загрязняющего вещества как тяжелый металл с наименьшей ПДК в питьевых водах. Моделирование разбито на четыре этапа в соответствии с периодами функционирования участка «Верхние поля», характеризующимися различным строением профиля зоны аэрации и изменениями поступающего водного потока. Расчеты выполнены посредством программы HYDRUS-1D [12]. Результаты расчета должны были соответствовать данным измерений в наиболее загрязненной скважине, полученным при проведении ИГЭ РАН опробования отложений зоны аэрации в 2002 г. Поскольку в скважине определено валовое содержание кадмия, на основании данных о соотношении валовых и сорбированных форм для других тяжелых металлов на исследуемом участке, принято, что содержание сорбированного кадмия составляет около половины валового.

Параметры влаго- и массопереноса выбирались с учетом имеющихся сведений о геологическом строении зоны аэрации, на основе литературных данных о фильтрационных и миграционных свойствах аналогичных отложений. В частности, для выбора значений коэффициента распределения кадмия, K_d , использовалась справочная система [5]. Для расчета выбраны простейшие модели протекающих процессов (однородный водный поток, линейная адсорбция). На каждом этапе граничные условия приняты постоянными во времени. В пределах слоев зоны аэрации (песок, ОСВ, грунт) параметры среды считались постоянными в течение всего периода моделирования.

На всех этапах эпигнозного расчета ключевыми параметрами, определяющими общее количество металла в каждом слое и требующими особенно тщательного подбора, являлись начальная концентрация кадмия в растворе и коэффициент распределения. Значение K_d определяет (вместе с концентрацией) начальное содержание металла в твердой фазе и управляет сдерживанием его выноса из слоя, т.е. влияет на скорость миграции. Именно эти два параметра каждого слоя зоны аэрации варьировались, чтобы в итоге получить нужное количество кадмия на указанных отметках (всего 8 параметров для подгонки к 4 значениям). По некоторым из остальных параметров был проведен анализ чувствительности модели.

При выборе ключевых параметров каждого слоя рассматривались публикации, описывающие сорбцию кадмия в аналогичной среде (песок, илистый суглинок, ил, песок с крупными включениями) и содержащие значение K_d . Поскольку коэффициент распределения существенно зависит от рН, отдавалось предпочтение данным с рН около 6.5, что лучше соответствует натурным условиям. Кроме того, известно [7, 11], что кадмий, как и другие тяжелые металлы, образует достаточно прочные растворимые комплексы с органическими соединениями. Авторы [3, 11], утверждают, что растворенные комплексы кадмия не сорбируются или слабо сорбируются почвами (при рН > 5). Это поддерживает предположение, что в условиях органического загрязнения K_d может быть невысоким, и оправдывает выбор в некоторых случаях меньших значений K_d , чем найдены в литературе.

Этап 1 – сброс сточных вод г. Москвы на поля фильтрации (1912–1937 гг.). Участок Верхних полей был введен в эксплуатацию в 1912 г. [9]. До 1937 г. (25 лет) на эту территорию сбрасывались жидкие хозяйственно-бытовые стоки г. Москвы. Их размещение проводилось путём регулярного напуска на влажную, пронизанную корнями растений почву. Сточные воды фильтровались через зону аэрации, сложенную песком, до грунтовых вод. При моделировании принято, что вся жидкость впитывалась в почву, т.е. поверхностный сток отсутствовал, и что в течение всего этапа 1 концентрация растворенного кадмия в сточных водах была постоянной.

На основе данных об общей площади полей фильтрации [9] и объемов поступления в 1922–1923 г. [2] оценено среднее значение потока сточных вод 230 см/год, который при моделировании считался постоянным. Поступающий в зону аэрации поток включает атмосферные осадки, 35 см/год (с учетом высокого испарения и отсутствия поверхностного стока), итого

265 см/год. Профиль зоны аэрации состоит из двух слоев: почва (илистый суглинок), мощность 20 см, и песок, 400 см.

Для концентрации кадмия в сточных водах выбрано максимальное значение из найденных в литературе – 0,31 мг/л [4]. Параметр K_d в песке управляет интенсивностью выноса металла из профиля: чем ниже K_d , тем выше концентрации в профиле и тем глубже они спускаются, т.е. тем большее количество кадмия сорбируется на нижних отметках. Чтобы к концу этапа 3 получить требуемое значения на отметке 780 см, подобрано значение меньше минимального из найденных в литературе – 0,0143 л/г. K_d в почве определяет удерживание металла в этом слое. Выбранного значения 0,06 л/г (попадающего в диапазон найденных в литературе) оказалось достаточно для обеспечения выноса нужного количества кадмия в песок; при меньшем значении K_d содержание кадмия на отметке 700 см к концу этапа 3 оказывалось слишком высоким.

По результатам расчета этапа 1 кадмий практически еще не дошел до водоносного горизонта. По окончании этапа основное загрязнение было сосредоточено в слое песка, почва удерживала небольшую часть кадмия.

Этап 2 – размещение на иловых площадках ОСВ (1937–1970 гг.). В 1937 г. поля фильтрации были реконструированы в иловые площадки, где происходило обезвоживание осадков, образовавшихся в процессе очистки сточных вод, а в 1970 г. произошла рекультивация Верхних полей (период расчета 33 года).

На основе известной площади иловых чеков [6] и количества ОСВ, накопленного к 1985 г. [8, 9], была оценена средняя мощность слоя ОСВ к 1970 г. – 150 см. При моделировании принято, что он имел такую мощность в течение всего этапа 2. В 2002 г. в скважине почвенный слой не обнаружен (возможно, он был нарушен при устройстве иловых площадок), поэтому со второго этапа слой почвы рассматривается как часть материала ОСВ. Расчетный профиль – 170 см ОСВ (ил) + 400 см песка = 570 см.

На втором этапе принят постоянный поток 35 см/год (атмосферные осадки). Для внесенного ОСВ начальная влажность 0,87 [9]. Глубже в качестве начальных условий взяты профили влажности, концентрации и сорбированного количества, полученные в результате расчета по этапу 1. Начальная концентрация кадмия в жидкой фазе ОСВ выбрана максимальной 0,3 мг/л [10], что позволяет получить нужное значение его содержания на отметке 400 см. В литературе найден только один источник, содержащий значения K_d в ОСВ. Выбрано меньшее значение 0,035 л/г, обеспечившее поступление достаточного количества кадмия в слой песка к концу этапа 3. Начальное содержание кадмия в твердой фазе ОСВ рассчитано по начальной концентрации и K_d и попадает в диапазон значений найденных в литературе.

На контрольных отметках к концу этапа 2 было получено: 100 см (в скважине это 400 см) – 10,50 мг/кг; 400 (700) см – 2,84 мг/кг; 480 (780) см – 0,75 мг/кг. Таким образом, на отметке 100 см кадмия содержится больше, чем требуется к концу этапа 3 (но металл будет в дальнейшем десорбироваться и

вымываться), а на отметках 400 и 480 см кадмия еще недостаточно (требуется 3,5 и 2 мг/кг), но его содержание будет далее возрастать.

Этап 3 – период от рекультивации территории (замена основной части слоя накопленного ОСВ грунтом, содержащим разнообразные твердые отходы) до начала застройки (1970–2002 гг.). В 1970 г. Верхние поля перестали эксплуатироваться. При рекультивации территории иловый осадок частично удалялся и площадки засыпались суглинком и песком вместе со строительным, бытовым и промышленным мусором. Моделирование этапа 3 проведено для 1970–2002 гг. – 32 года. Профиль зоны аэрации: 400 см грунта + 70 см ОСВ (100 см удалено) + 400 см песка = 870 см.

Значение K_d в грунте 0.0241 л/г установлено близким к минимальному из найденных в литературе, чтобы увеличить выход кадмия в слой ОСВ. Содержание кадмия в грунте, включавшем значительное количество различного мусора, трудно оценить. Поэтому начальные условия слоя грунта подобраны с целью получения требуемого количества сорбированного кадмия на отметке 25 см; для нижних слоев взяты результаты этапа 2.

По результатам расчета в нижней части слоя песка концентрации со временем увеличиваются. Концентрация у основания профиля к концу этапа 0.02 мг/л – в 20 раз выше ПДК кадмия для питьевой воды. На контрольных отметках: 0,25 м – 1,56 мг/кг (требуется 1,6); 4 м – 5,57 мг/кг (5,5); 7 м – 3,55 мг/кг (3.5); 7,8 м – 2,01 мг/кг (2,0). Таким образом, получены значения содержания кадмия, достаточно близкие к требуемым. Можно ожидать, что эти расчетные концентрации кадмия, поступающего в водоносный горизонт, близки к реальным значениям 2002 г., а подобранные параметры – к соответствующим характеристикам среды. С этими параметрами проведено прогнозное моделирование выноса кадмия в водоносный горизонт.

Этап 4 – застроенная территория. В 2002 г. Верхние поля начали застраиваться. Поэтому моделирование этапа 4 выполнено с входным потоком 20 см/год. Прогноз сделан на 600 лет, что позволило определить, когда выход растворенного кадмия в подземные воды начнет снижаться.

Концентрация у основания профиля возростала со временем – от 0,02 мг/л до 0,36 мг/л через 400 лет, в дальнейшем стала убывать. Таким образом, повышенные концентрации кадмия будут выходить в водоносный горизонт в течение столетий. Анализ балансов показал, что к концу этапа 4 в слоях грунта и ОСВ уже содержится меньше кадмия, чем в песке (в обеих фазах). Тем не менее, вынос кадмия в водоносный горизонт будет происходить еще долгое время.

Таким образом, согласно результатам моделирования, в 2002 г. концентрация кадмия, поступающего в подземные воды, составляла 0,02 мг/л, а максимальная концентрация в 2402 г. будет близка к 0,36 мг/л, что на два порядка выше ПДК. Рассчитанная динамика состояния профиля зоны аэрации показывает, что выход повышенных концентраций растворенного кадмия в подземные воды будет происходить в течение столетий.

Слабая достоверность выбранных значений параметров модели делает проведенные расчеты ориентировочными, показывающими принципиальный

характер, масштаб и динамику протекающих процессов миграции металла. Высокие расчетные концентрации кадмия, поступающего в подземные воды, требуют обратить внимание на возможную опасность загрязнения р. Москва и провести моделирование миграции кадмия в водоносном горизонте вплоть до разгрузки в реку, чтобы оценить опасность превышения ПДК в ее водах.

Литература

1. Галицкая И.В., Позднякова И.А. Оценка зоны аэрации как вторичного источника загрязнения подземных вод на территории несанкционированной свалки в московском микрорайоне Марьино // Проблемы гидрогеологии XXI века: Наука и образование. М.: РУДН, 2003. С. 252-263.
2. Звягинский Я. Люблинские поля орошения // Коммунальное хозяйство. 1923. С. 30-32.
3. Каюгин, А. А. Распределение кадмия в модельной системе, содержащей каолин и гуминовые кислоты / А. А. Каюгин, Н. А. Христовин, С. А. Паничев // Химия в интересах устойчивого развития. 2009. Т. 17. № 4. С. 429-434.
4. Кудрявцев В.Н., Виноградов С.С. ПДК сточных вод / РХТУ им. Д.И. Менделеева; Технопарк // <http://enviropark.ru/course/category.php?id=20>.
5. Параметры адсорбции тяжелых металлов, радиоактивных элементов и мышьяка почвами и горными породами: Справочная система / Т.И. Юганова, В.С. Путилина, И.В. Галицкая; ИГЭ РАН. 988 с. <http://geoenv.ru/monograph-adsorption>
6. Постановление Правительства Москвы от 24 марта 1993 г. № 244 «О подготовке и застройке территории Люблинских полей фильтрации».
7. Путилина В.С., Галицкая И.В., Юганова Т.И. Сорбционные процессы при загрязнении подземных вод тяжелыми металлами и радиоактивными элементами. Кадмий: Аналит. обзор. Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2012. 110 с. (Сер. Экология. Вып. 99).
8. Спасибо В. Работа с осадком сточных вод // <http://www.proza.ru/2010/02/20/1199>.
9. Храменков С.В., Загорский В.А., Курятникова И.В., Вандергюхт Л.Е., Алексеева Г.К., Деменкова Т.П. 100 лет канализации Москвы. М.: Прима-Пресс, 1998. 502 с.
10. Carrondo M.J.T., Lester J.N., Perry R., Stoveland S. Analysis of Heavy Metals in Sewage Sludge, Sewages and Final Effluent: Final Report to the Department of the Environment for Contracts DGR/480/66 and DGR/480/240 / Public Health and Water Resource Engineering Section, Civil Engineering Department, Imperial College. London: Imperial College, 1978. 122 p.
11. Christensen T.H. Cadmium soil sorption at low concentrations. VII. Effect of stable solid waste leachate complex // Water, Air, & Soil Pollution. 1989. Vol. 44. №1-2, P. 43-56.
12. The HYDRUS-1D Software Package for Simulating the One-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably-Saturated Media. Version 4.08 / Department of Environmental Sciences, University of California Riverside. Riverside, CA: University of California, 2009. 332 p.

ОПЫТ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СВАЛОЧНОГО ТЕЛА В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ (НА ПРИМЕРЕ г. САРАТОВА)

И.А. Яшков, А.В. Иванов, Т.Н. Виноградова, А.Г. Кузин

Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина,
410054 Саратов, ул. Политехническая, 77. E-mail: yashkovia@mail.ru

Внимание исследователей к изучению проблемы несанкционированного размещения твердых бытовых отходов и формирования свалочных тел в пределах городского пространства имеет особую специфику. Причиной этому является, с одной стороны, необходимость ликвидации последствий накопленного экологического ущерба городским территориям [6], с другой – поиск оптимального планирования городской среды и разработка моделей дальнейшего использования рекультивируемых объектов. Организация комплексных геоэкологических исследований, инженерных изысканий и экологического картографирования свалочных тел весьма актуальна в связи с тем, что эти искусственные объекты являются результатом сложного антропогенного морфогенеза [1]. Поиск и выбор технологии рекультивации несанкционированной свалки чаще всего является индивидуальным и требует учета не только особенностей строения геолого-геоморфологического субстрата, ландшафтной нагрузки, специфики землепользования и застройки, соответствия требованиям законодательства, но и предполагаемого дальнейшего функционального использования и ресурсов городской экономики.

Авторами в течение последнего десятилетия проводятся комплексные геоэкологические исследования, а также инженерно-геологические, инженерно-геодезические и инженерно-экологические изыскания на территории Саратовско-Энгельской урбосистемы.

Для Саратова, как и для большинства городов России, одной из самых актуальных геоэкологических проблем является утилизация твердых бытовых и промышленных отходов, образующихся от хозяйственной деятельности предприятий [4]. Серьезную опасность представляют собой свалочные тела, сформированные за несколько последних десятилетий в долинах оврагов, балок, малых рек на территории города. Точный общий объем накопленного свалочного материала трудно оценить, но вполне очевидно, что трансформация городских эрозионных форм происходит в результате засыпки долин сотнями тысяч кубических метров антропогенных отложений.

Наиболее показательным объектом несанкционированного размещения бытового мусора и промышленных отходов является территория Маханного оврага, в пределах которой с 1970-ых годов XX века формируется свалка (рис. 1).

Ведомственной целевой программой «Ликвидация мест несанкционированного складирования отходов и рекультивация земель Маханного оврага

в районе парка Победы в Волжском районе г. Саратова на 2014 г.» предусмотрены работы по инженерным изысканиям и разработке проектно-сметной документации земельного участка общей площадью 5,95 га, занятого несанкционированной свалкой.

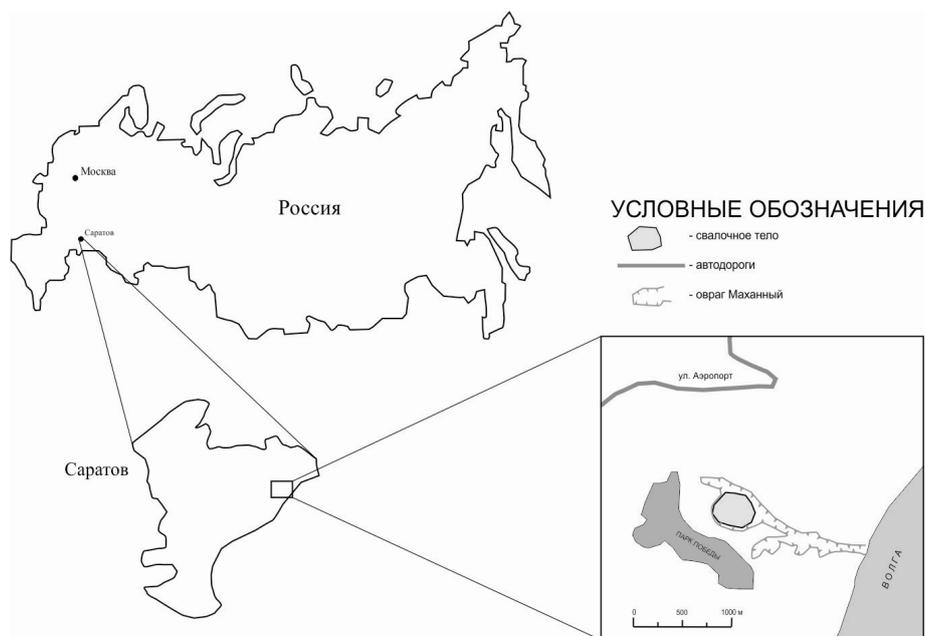


Рис. 1. Обзорная схема района исследований

Коллективом кафедры геоэкологии и инженерной геологии, лаборатории инженерной геоэкологии СГТУ имени Ю.А. Гагарина в 2012-2013 гг. выполнены предварительные геоэкологические работы на территории Маханного оврага [2-3, 7, 9-10], а в 2014 г. проведены инженерные исследования и разработан вариант рекультивации несанкционированной свалки.

В результате полевых маршрутных работ, пробивки серии шурфов и бурения пяти скважин подробно изучено строение геологического разреза территории. Доантропогенный геологический субстрат на изучаемой территории достаточно однороден. В стенках естественных обнажений (преимущественно образовавшихся вследствие развития оползневых процессов), а также в многочисленных техногенных закопушках обнажаются терригенные отложения барремского и аптского ярусов нижнего отдела меловой системы. В общих чертах разрез имеет следующее строение.

K_1br Глины темно-серые, иногда алевролитистые, содержащие сидеритовые конкреции размером 0,2-0,5 м. Видимая мощность составляет первые метры (при общей мощности барремского яруса в Саратовском районе около 60 м). Наиболее показательны верхи барремского яруса можно наблюдать в стенках Маханного оврага вблизи его устья.

K_{1a} Чередование пачек глин от темно-серых до черных и песков глинистых. В сланцеватых глинах часто встречаются крупные (до полуметра в диаметре) сидеритовые конкреции уплощенной формы. В низах яруса породы загипсованы – наблюдаются мелкие (несколько миллиметров) кристаллики гипса игольчатой формы, в глинистых песках гипсовые корки выполняют многочисленные трещины в горных породах.

Часто в пределах пачек глинистых песков наблюдается тонкое переслаивание глин и песков, создавая хорошо выраженные слоистые текстуры. В пределах глинистых пачек горизонтальная слоистость подчеркивается тонким чередованием чистых и алевроитовых глин. В сидеритовых конкрециях встречены перламутровые раковины головоногих моллюсков – аммониты *Deshayesites desayesi* и *Aconeceras* sp. indet. Видимая мощность на территории изучаемого полигона колеблется в пределах первых десятков метров.

Отметим, что район Соколовой горы традиционно (около века изучения) считается исследователями местом расположения опорного разреза барремского яруса и показательных обнажений аптского яруса. Ценность разреза усиливается наличием выхода на поверхность границы аптских отложений с нижележащими барремскими и обнаженными участками верхов баррема. Маханный овраг, таким образом, может рассматриваться как уникальный геологический объект стратиграфического характера, который продолжительное время являлся официальным памятником природы местного значения.

Q_{IV} По бортам оврага наблюдаются неравномерно расположенные участки развития оползневых отложений, сложенных передробленными породами апта, оползающими по одной из глинистых пачек или по подстилающим глинистым барремским отложениям.

Антропогенные отложения широко развиты на изучаемой территории и образуют комплекс тел. Общий разрез включает два стратиграфических интервала.

Q_{IVt1} Глинисто-алевро-песчаные неотсортированные отложения, хаотично перемешанные при насыпании с техногенными объектами (отходами) различной (преимущественно усредненной – от первых сантиметров до первых дециметров) размерности и состава (стекло, черные и цветные металлы, резина, дерево, пластик, полиэтилен и др.). Переход к вышележащей техногенной толще четкий, неровный. Наблюдается очевидное затруднение водообмена в слое – в обнажениях фиксируются водопроявления из локальных линзовидных временных водоносных горизонтов. Вероятно, причиной затруднения водообмена является наличие по всей мощности слоя большого количества фрагментов полиэтиленовых пленочных включений. По слою наблюдается субгоризонтальная нечеткая слоистость, сформировавшаяся, видимо, при разравнивании отходов с грунтом. Мощность слоя составляет от 1 до 7-10 м в разных участках свалочного тела. Тело сильно осложнено крупными (десятки метров протяженности, при ширине и глубине до 5-10 м) многочисленными траншеями (созданными, как показал опрос местных жителей, несколько лет назад «черными копателями» с целью извлечения погребенных

изделий, содержащих ценные металлы). Эта особенность позволяет предполагать серьезные нарушения первоначальной стратиграфии и фациальных особенностей данного тела.

Q_{IVt_2} Пачка хаотично сгруппированных локальных скоплений антропогенных отходов самого различного характера. Наблюдаются зоны преобладания железобетонных образований, зоны неотсортированного грунта (глинисто-алевро песчаного с редкими включениями известкового щебня и даже небольших (0,1-0,4 м) валунов ледникового облика, сложенных кристаллическими породами. Отметим, что нечто сходное нами наблюдалось при изучении авторами в 2008 году разреза техногенных отложений в Глебучевом овраге г.Саратова – создается впечатление перемещения части отложений именно оттуда [5]. Наблюдается неравномерная концентрация разнообразных горючих включений – крупных скоплений резины, пластика, древесины. Видимая мощность резко изменяется от 1 до 10 м в разных участках тела.

На территории изучаемого участка выполнены также инженерно-геодезические работы в местной (г.Саратов) системе координат и Балтийской системе высот. При съемке ситуации и рельефа использовался двухчастотный спутниковый комплект геодезического оборудования Leika GS 10, Leika GS 08. Съемка выполнялась в режиме «stop & go». Технологическая схема работ с использованием глобальных спутниковых систем, разбита на следующие этапы: подготовительные работы; полевые измерения; обработка полевых измерений и построение топографического плана масштаба 1 : 500.

В результате геологических работ, материалов геодезической съемки и анализа архивного картографического материала уточнено, что на участке размещения несанкционированной свалки площадью 5,95 га накоплено 492 826 м³ объема антропогенных отложений.

При разработке варианта рекультивации несанкционированного свалочного тела в долине Маханного оврага учитывалось потенциальное функциональное назначение и использование территории после рекультивации, которое должно отвечать требованиям системы безопасности, в том числе: 1) ограничению миграции загрязняющих веществ за пределы свалки; 2) ликвидации пожаро- или взрывоопасности; 3) ограничению и (или) полному запрету прямого контакта, опасного для здоровья [8].

В настоящее время известны и применяются на практике три основных метода рекультивации и обезвреживания территорий несанкционированных свалок: 1) извлечение, удаление и надежное захоронение; 2) уничтожение на месте; 3) фиксация загрязнителей на месте.

На основе полученных результатов выполнения инженерных изысканий и разработки проектной документации на участке функционирования современного свалочного тела в долине Маханного оврага разработан комплекс рекультивационных работ.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 14-05-31538 мол_а); Минобрнауки России (Программа стратегического развития СГТУ имени Гагарина Ю.А. на 2012-2016 годы, тема 2.1.6. Развитие учебно-

научной лаборатории инженерной геоэкологии); Ведомственной целевой программы «Ликвидация мест несанкционированного складирования отходов и рекультивация земель Маханного оврага в районе парка Победы в Волжском районе г. Саратова на 2014 г.».

Литература

1. Буланов С.А. Три вида антропогенной обусловленности экзогенного морфогенеза // Геоморфология. Новые решения старых проблем. Вып. 5. М.: Медиа-ПРЕСС, 2014. С. 14-22.
2. Виноградова Т.Н., Иванов А.В., Яшков И.А. Оценка динамики эрозионной сети с помощью геоинформационного картографирования на территории г. Саратова // Геоморфология и картография: Материалы XXXIII Пленума Геоморфологической комиссии РАН. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2013. С. 282-285.
3. Виноградова Т.Н., Яшков И.А., Журавлев М.О., Сельский А.О., Скворцова Ю.М. Особенности геодезической съемки свалочных тел в долинах оврагов урбанизированных территорий (на примере Маханного оврага г. Саратова) // Геологические науки – 2014: Материалы всероссийской научной конференции, Саратов, 10-12 апреля 2014 г. Саратов: Изд-во СО ЕАГО, 2014. С. 161-163.
4. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2013 году. Саратов, 2014. 242 с.
5. Иванов А.В., Шешнёв А.С., Яшков И.А., Кузин А.Г. Инженерно-геоэкологические условия подтопления урбанизированной территории (на примере долины Глебушева оврага г. Саратова) // Сергеевские чтения. Роль инженерной геологии и изысканий на предпроектных этапах строительного освоения территорий. Вып. 14. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (22 марта 2012 г.). М.: РУДН, 2012. С. 282-287.
6. Публичная декларация Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации на 2014 год и список референтных групп Минприроды России // Электронный ресурс <http://www.mnr.gov.ru/>. Дата обращения 23.11.2014 г.
7. Скворцова Ю.М., Марьянкова Е.А. Опыт экологического картографирования при анализе влияния объектов несанкционированного размещения твердых бытовых отходов на динамику эрозионной сети (на примере территории г. Саратова) // Материалы десятой научно-практической конференции молодых специалистов. Москва: Изд-во ПНИИИС, 2014. С. 79-80.
8. Соломин И.А., Неглядюк О.Ф., Домаркене О.А. Выбор технологии рекультивации городских земель, занятых несанкционированными свалками // Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем / Материалы международной научно-практической конференции Ч. II. М.: МГУП, 2006.
9. Яшков И.А., Виноградова Т.Н., Иванов А.В. Комплексный геоэкологический анализ системы свалочных тел в Маханном овраге Саратова: предварительные результаты маршрутных исследований // Проблемы геоэкологии, экологической геологии и рационального природопользования: Материалы Всероссийской научной конференции к 10-летию кафедры геоэкологии СГУ имени Н.Г. Чернышевского. Саратов: Изд. центр «Наука», 2012. С. 62-65.
10. Яшков И.А., Шешнёв А.С., Виноградова Т.Н., Иванов А.В., Скворцова Ю.М. Антропогенная трансформация городской эрозионной сети в результате функционирования несанкционированных свалок (на примере Маханного оврага города Саратова) // Экзогенные рельефообразующие процессы: результаты исследований в России и странах СНГ: Материалы XXXIV Пленума Геоморфологической комиссии РАН. Москва: Планета, 2014. С. 1-5.

6. КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

ЛИТО-ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА «ГОРОД – ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СРЕДА» И НАРУШЕНИЕ ЕЁ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ РАЗВИТИЯ ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

И.В. Абатурова, И.А. Емельянова, И.Г. Ковязин

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»
г. Екатеринбург. E-mail: gingeo@mail.ru

Строительство сооружений различного назначения в пределах ранее неосвоенных участков формирует техногенные воздействия и приводит к активизации опасных природных и природно-техногенных процессов. В настоящее время воздействию таких процессов на территории России подвержено более 135 городов, а экономический ущерб за последние 15 лет составил 23 млрд. рублей.

Согласно известным определениям лито-техническая система (ЛТС) включает в себя «две подсистемы»: «сооружения» и «область взаимодействия» (ОВ), которая формируется данным сооружением. В пространственном аспекте подсистема ОВ характеризуется набором компонент, определяющих генетические особенности и тенденции процесса изменения геологической среды (ГС) к ним относятся: геолого-структурные, литолого-петрографические, гидрогеологические, мерзлотные, геодинамические условия. Они взаимосвязаны, взаимообусловлены, имеют свое назначение, вклад, при формировании тех или иных процессов и определяют способность ЛТС сохранять устойчивость в некотором диапазоне взаимодействий, либо терять её. Существующие взаимодействия в ЛТС «Город-ГС» можно представить в виде схемы (рис. 1) откуда видно, что нормальное функционирование ЛТС должно быть обеспечено при условии работы зданий и сооружений в строгом соответствии с проектным режимом. Равновесие ЛТС определяется динамичностью природной и надежностью технической составляющих. В свою очередь надежность технической составляющей определяется режимом эксплуатации

сооружений, состоянием природной составляющей (ОВ) и характером её влияния на инженерные сооружения.



Рис. 1. Схема лито-технической системы

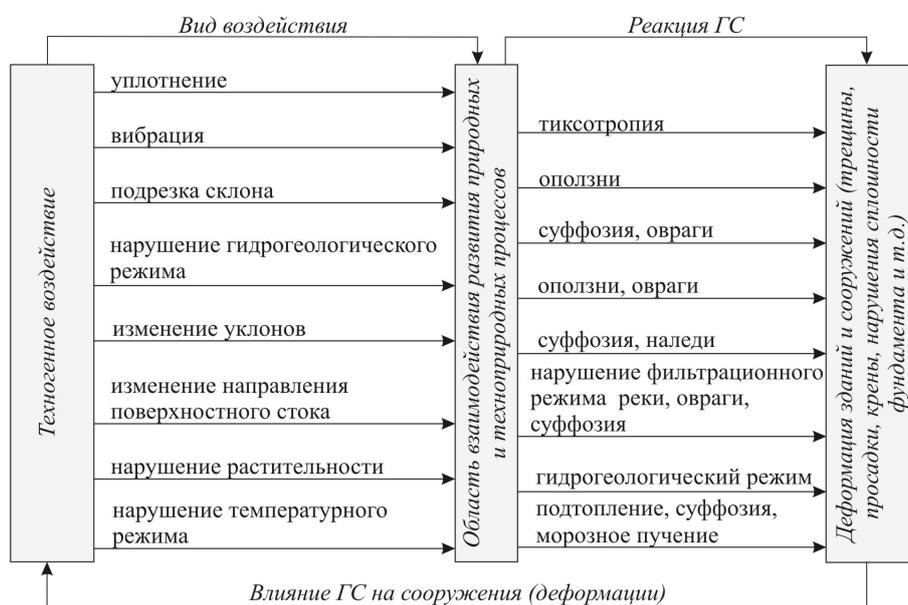


Рис. 2. Схема взаимодействия ПТС

Из анализа рис. 2 видна логическая цепочка: состояние ЛТС – уровень инженерной защиты – устойчивость ЛТС. Под опасностью состояния ЛТС понимается развитие неблагоприятных для строительства и эксплуатации сооружений, природных и природно-техногенных процессов, крайняя степень интенсивности которых может привести к развитию чрезвычайных ситуаций. Рассматриваемая нами территория – это г. Надым, появившийся в 1972 г. как город спутник газового месторождения «Медвежье». Строительство города началось с центральной части, где основаниями зданий и сооружений являлись аллювиальные отложения I-ой надпойменной террасы, представленные песками разной крупности, с прослоями и линзами суглинков и супесей, грунты находились преимущественно в талом состоянии. По мере промышленного освоения района возникла необходимость дальнейшего развития города, стали осваиваться краевые части территории, сложенные отложениями высокой поймы, представленные с поверхности мерзлыми торфами. В первом случае строились 5-этажные железобетонные здания на ленточных фундаментах, во втором случае на сваях с сохранением мерзлого состояния грунтов.

Первые деформации начались в конце 70-х годов и проявились в виде трещин в штукатурке, стенах, однако при своевременно принятых мерах они были приостановлены, либо затухли во времени. В настоящее время согласно официальным данным БТИ (бюро технической инвентаризации) администрации г. Надыма состояние около 60% зданий характеризуется как неудовлетворительное, около 20% – требуют принятия срочных мер по укреплению и спасению от разрушения. Большинство аварий зданий и сооружений связано с фундаментами и основаниями. Недопустимые осадки, трещины и прогибы в элементах зданий и сооружений зачастую возникают при ослаблении основания в процессе эксплуатации (табл. 1).

Установлено, что у большинства зданий не обустроены либо нарушены водостоки и отмостки, сброс ливневых вод происходит под жилые дома. У большинства деревянных зданий нарушена система водопроводящих коммуникаций, в результате чего происходят утечки и вблизи зданий формируются «техногенные озера». Следует также отметить, что в городе отсутствует система отвода ливневых и паводковых вод.

Все эти неблагоприятные факторы привели к нарушению температурного режима грунтов, деградации ММП, изменению состояния и свойств грунтов, потере их несущей способности, формированию чаши оттаивания, что повлекло неравномерные осадки поверхности, активизацию таких процессов как подтопление, суффозия, морозное пучение, и как следствие интенсивные разрушения несущих конструкций зданий, что в отдельных случаях привело к невозможности их дальнейшей эксплуатации и выселению жильцов. К настоящему моменту пять зданий пришлось демонтировать из-за опасности обрушения, еще около десяти находятся в аварийном и предаварийном состоянии.

Таблица 1

Виды и характер деформаций зданий и сооружений в г. Надыме

№ п.п.	Характер и их видимые проявления	Количество деформаций зданий		Всего
		Каменных	Деревянных	
1.	Перекося окон и дверей	3	11	14
2.	Крен здания	4	10	14
3.	Трещины в фундаменте	5	–	5
4.	Отклонение стен от вертикали, в том числе и выпучивание посередине	2	2	4
5.	Отклонение свай от оси	1	3	4
6.	Сквозные трещины в стене; сильное повреждение штукатурки	61	8	69
7.	Повреждения штукатурки стен и потолка, требующие ежегодного ремонта	21	36	57
8.	Раскрытие швов в стыках плит	28	–	28
9.	Пучение тамбурных крылец, отмо- тков	26	2	28
10.	Деформация полов	7	16	23
11.	Смещение плит перекрытий в квар- тирах, нарушение кирпичной кладки	21	–	21
12.	Частичное разрушение материала стен	5	2	7
13.	Полное разрушение стен	4	1	5

Наиболее показательным является жилое 9-ти этажное кирпичное здание с техническим этажом и подвалом (бульвар Стрижова, 1). В процессе эксплуатации (1997-2000 гг.) сооружение претерпело значительные деформации, которые выражаются в многочисленных трещинах на фасадах с раскрытием от волосных до нескольких миллиметров, в уровне первого-второго этажа кирпичная кладка стены фасада имеет вертикальную трещину высотой до 4,0 м с раскрытием до 8 см, отмечается расслоение кладки в глубину в направлении вдоль стены составляя около 4,0 м. В парапетах несущих стен обнаружены сквозные трещины с раскрытием от 1 до 3 мм, образование трещин в фундаментных блоках, просадки полов подвала на величину до 100 мм (в тепловом узле и некоторых других помещениях), сопровождающиеся растрескиванием цементной стяжки. Инструментальные измерения показали, что здание получило крен, отклонение от вертикали на уровне парапета крыши изменяется от 54 до 124 мм. Отмечается смещение плит перекрытий относительно стен-перегородок квартир. В коридорах 6-9 этажей и на лестничных площадках в зоне развития трещин в перекрытиях отмечается отрыв силикатной плитки от пола. Ряд гипсовых маяков, оборудованных на трещинах

между плитами перекрытий и на несущих стенах в январе-марте 2001 г., к началу мая был прорван, что свидетельствует о продолжающемся развитии деформаций.

Анализ инженерно-геологической обстановки, условия строительства и эксплуатации, позволяют утверждать, что основными причинами деформаций зданий и сооружений являются:

1) инженерно-геологические особенности, такие как: неоднородность литологического состава грунтов в пределах одного здания; наличие в основании сооружений торфов различной мощности, залегающих либо с поверхности, либо погребенных; значительная разница физико-механических свойств мерзлых и талых грунтов; сложное мерзлотное строение участков строительства не только в плане, но и в разрезе. Часто в пределах одного и того же здания мерзлотные условия меняются несколько раз.

Температуры мерзлых пород составляют $(-0,1) - (-0,3)^{\circ}\text{C}$; формирование перелетков (центральная часть города) на разных глубинах, разной мощности; высокое залегание уровня грунтовых вод: 0,8-4,0 м;

2) планировка территории насыпными грунтами; нарушение естественного стока поверхностных и подземных вод;

3) деградация ММП, которая является следствием эволюции природных ландшафтов и многочисленных нарушений в эксплуатации подполий и других охлаждающих геотехнических систем.

4) В конструкциях зданий не предусмотрены отмостки, отсутствуют водостоки, вентиляционные окна подвалов заколочены, вовремя не проводится замена изношенных канализационных труб, что приводит к многочисленным их прорывам и утечкам. Вокруг септиков и в зонах сброса отходов образуются высокоминерализованные немерзлые толщи с отрицательными значениями температур, которые являются достаточно агрессивными к различным элементам фундаментов. Утечки из канализационных систем современных зданий, отсутствие надежных систем деаэрации воды приводят к катастрофически быстрым износам трубопроводов и как результат формированию под зданиями «техногенных озер», приводящих к увеличению глубины слоя сезонного оттаивания;

4) нерешенность в городе проблемы отвода ливневых, паводковых вод приводит к вымыванию грунтовых частиц оснований и развитию суффозионных процессов;

5) недоизученность ИГУ в процессе проектирования и изысканий: отсутствие выторфовывания под некоторыми зданиями; неточности допущенные при выполнении расчетов проектируемых сооружений при завышенных значениях физико-механических свойств грунтов; отсутствие прогнозирования изменения компонентов ИГУ.

Таким образом, установлено, что в основе деформаций зданий и сооружений лежит комплекс причин как геологического, так и технического плана, которые привели к изменению мерзлого состояния грунтов, их температуры, физико-механических свойств, формированию чаши оттаивания

глубиной от 3-5, а иногда до 14-20 м, неконтролируемой неравномерной осадке мерзлых грунтов, перешедших в категорию талых, формированию перелетков в слое сезонного оттаивания, увеличению степени пучинистости грунтов, подтоплению территории.

ВОЗДЕЙСТВИЕ УРБАНИЗАЦИИ НА ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОКРИЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ В ЗАБАЙКАЛЬЕ

Л.А. Васютич

Забайкальский государственный университет,
672039, г. Чита, ул. Александро-Заводская, д. 30. E-mail: lyudmila-vasyuti@mail.ru

Строительство Транссибирской магистрали обусловило в прилегающих к ней территориях, включая и Забайкалье, интенсивное развитие процессов урбанизации. Особенно это относится к городам и селениям, через которые непосредственно проходила железная дорога. Здесь были построены промышленные предприятия республиканского и союзного значения. Территории, которых достигали нескольких квадратных километров, а используемые технологии обуславливали развитие теплового, химического загрязнения окружающей среды. Наряду с этим увеличивалось общее количество городского населения. В результате, в течение двух последних столетий стало возможным возникновение и развитие несколько десятков городов. Территория наиболее крупного из них г. Чита 534 км², население – составляет более 300 тыс. человек. Это привело к развитию массового строительства гражданских сооружений. Процессы урбанизации изменялись на фоне глобального изменения климата, в сторону его потепления. Это привело к снижению устойчивости сооружений в криолитозоне, а в отдельных случаях к выходу их из строя, ухудшило экологическую обстановку [1, 5].

В Забайкальском крае насчитывается 10 городов и 45 поселков городского типа. Практически половина городского населения проживает в городе Чита, промышленный потенциал которого отличается от других городов края комплексностью и масштабностью. В начале XXI века процессы урбанизации и агломерации в г. Чита начинают постепенно увеличивать свою интенсивность. Прогрессирующая урбанизация территории, которая сопровождается сосредоточением населения, промышленности и транспорта на небольших площадях приводит к увеличению антропогенной нагрузки на все компоненты окружающей среды [2, 4, 6].

Повышение температуры воздуха и изменение других климатических параметров (начиная с 60-х годов XX столетия) на территории Забайкалья привело к сокращению мощности и площади распространения многолетнемерзлых грунтов. Именно в эти годы отмечено развитие массовых деформа-

ций мало- и среднеэтажных зданий и сооружений, построенных в Забайкалье. Причем, в пределах южной периферии криолитозоны основными их причинами явилась деградация мерзлоты, обусловленная изменением мезо- и макроклимата в связи с его глобальным изменением и увеличением техногенной интенсивной и экстенсивной нагрузки на криолитозону [7, 8]. Наряду с изменением площади и интенсивности урбанизации изменялись и основные климатические параметры, наиболее важным из которых для трансформации геокриологических условий является среднегодовая температура воздуха. Изменение ее в период 1976-2012 гг. (x – год) выражается трендом $t_{ср.г} = 0,064x - 129,9$; повышение температуры грунта на глубине $h = 3,2$ м при этом выражено зависимостью $t_{ср.г} = 0,023x - 44,38$. Коэффициент корреляции для полученных статистических моделей 0,63. Уравнение позволяют сделать прогноз перехода среднегодовой годовой температуры воздуха в г. Чита в положительные значения в 2030 г. Кроме того, тренды развития урбанизации и изменения среднемноголетней температуры воздуха в г. Чита (1890-2012 гг.) близки к синхронному изменению, что позволило выявить этапы интенсивности воздействия урбанизации на строение и свойства геокриологической среды [3, 7]. Аппроксимация тренда среднегодовой температуры воздуха в г. Чита с 1890 по 2012 г. позволило выделить три этапа: первый 1890-1926 гг.; второй 1926-1960 гг.; третий 1960 и по настоящее время (рис. 1).

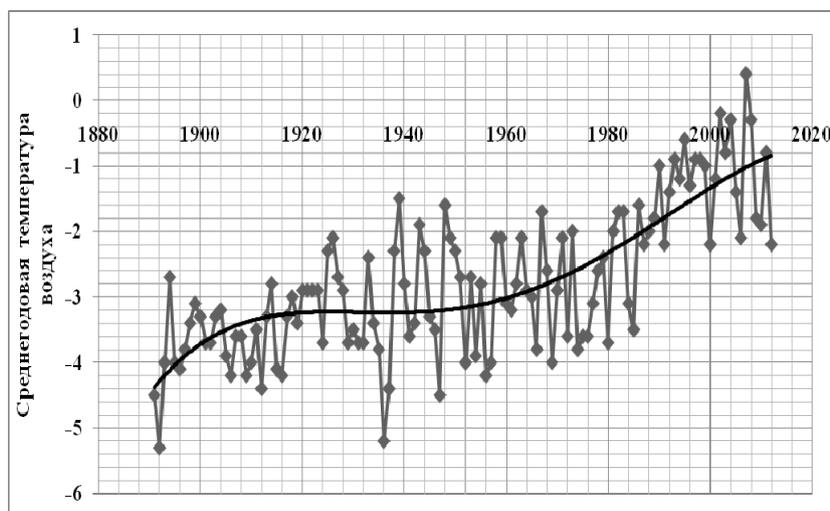


Рис. 1. Тренд среднегодовой температуры воздуха (°С) в 1890-2012 гг.

Анализ среднемноголетних температур воздуха для населенных пунктов с числом жителей с. Нерчинский завод (до 3 тыс. жителей); г. Хилок (до 15 тыс.); г. Борзя (до 35 тыс.); г. Чита (до 325 тыс.) показывает общую направленность повышения температур (табл. 1). Современный уровень сред-

негодовой температуры воздуха урбанизированной территории $-1,1$ °С превышает таковой неурбанизированной и слабо урбанизированной примерно в два раза. Изменения климата, геокриологические условия, этапы и интенсивность урбанизации, особенности развития функциональных зон и типы природно-технических систем, определяют условия, динамику и закономерности формирования геокриологической среды, направленность трансформации ее свойств и состояния [7].

Таблица 1

Изменения температуры воздуха на урбанизированных территориях в Забайкалье

Этапы урбанизации	г. Чита	село Нерчинский завод	г. Борзя	г. Хилок
	Среднегодовая температура воздуха (°С)			
Этап I 1890-1925 гг.	- 3,5	- 3,3	–	–
Этап II 1926-1960 гг.	- 3,1	- 3,3	- 2,8	- 2,8
Этап III ¹ 1961-1995 гг.	- 2,5	- 2,7	- 2,2	- 3,3
Этап III ² 1996-2012 гг.	- 1,1	- 2,5	- 1,7	- 2,2

На урбанизированных территориях тепловое загрязнение создает дополнительные пути транспортировки загрязняющих веществ, активизирует процессы трансформации геокриологической среды и приводит: а) к снижению качества питьевых подземных вод (увеличение в водоносном комплексе нижнемеловых отложений минерализации (до 2-2,5 г/л), сульфатов (до 750-800 мг/л), железа (до 17 мг/л), жесткости (до 16-22 мг-экв/л), фтора (до 22-26 мг/л); б) к формированию недопустимых деформаций оснований зданий и сооружений (здания, построенные по Принципу – I находятся в предаварийном состоянии); в) увеличивает интенсивность развития опасных инженерно-геокриологических процессов (пучение, осадки и просадки, наледообразование, криогенное выветривание); г) к изменению строительных свойств грунтов (длительное снижение несущей способности глинистых грунтов геокриологической среды при трансформации в постгеокриологическую среду) [2, 7, 8].

В заключении следует отметить, что высокую эффективность использования геокриологической среды, можно достичь лишь при постоянной диагностике ее состояния, умение его прогнозировать и при необходимости управлять или принимать другие управленческие решения, направленные на обеспечение комфортной и экологически безопасной жизнедеятельности города.

Литература

1. *Васютнич Л.А.* Геоэкологические проблемы урбанизированных территорий южной криолитозоны (на примере г. Чита) // Актуальные эколого-географические и социально-экономические проблемы Байкальского региона и сопредельных территорий: материалы всерос. науч.-практ. конф. (Улан-Удэ, 28-29 марта 2013). Улан-Удэ: БГУ, 2013. С. 47-50.
2. *Васютнич Л.А.* Особенности современного техногенного воздействия на качество подземных вод читинской агломерации // Вестн. ЗабГУ. Чита, 2013. № 1. С. 19-26.
3. *Васютнич Л.А.* Особенности трансформации геологической среды южной криолитозоны (на примере г. Чита) // Сергеевские чтения. Вып. 16: Мат. годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (Москва, 21 марта 2014). М.: РУДН, 2014. С. 377-380.
4. *Верхотуров А.Г., Васютнич Л.А.* Ресурсы и экологическое состояние питьевых подземных вод Забайкалья // Недропользование – XXI век. 2008. № 3. С. 79-81.
5. *Шестернев Д.М., Васютнич Л.А.* Исследование влияния антропогенных воздействий на изменение геоэкологических условий урбанизированных территорий южной криолитозоны (на примере г. Чита) // Вестн. ЗабГУ. Чита, 2011. № 6. С. 117-121.
6. *Шестернев Д.М., Васютнич Л.А.* Тепловое загрязнение геологической среды криолитозоны урбанизированных территорий Забайкалья (на примере г. Чита) // Вестн. ЗабГУ. Чита, 2012. № 1. С. 43-51.
7. *Шестернев Д.М., Васютнич Л.А.* Трансформация геолого-геокриологической среды в процессе урбанизации г. Чита // Вест. ЗабГУ. Чита, 2014. № 3. С. 57-67.
8. *Шестернев Д.М., Шестернев Д.Д.* Пучение пород в условиях деградации криолитозоны. Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО РАН, 2012. 194 с.

О КОМПЛЕКСНОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ И ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

А.И. Гавришин

Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова,
346428, г.Новочеркасск, ул. Просвещения, 132. E-mail: agavrishin@rambler.ru

Фактор урбанизации относится к наиболее интенсивно развивающимся, мощным и, в большинстве случаев, к негативным факторам антропогенного воздействия на все компоненты окружающей среды. Эта ситуация складывается потому, что система урбанизированной территории формируется как неустойчивая, в которой нарушены главные принципы природных экосистем, в первую очередь баланса и круговорота вещества и энергии. Уделяя много внимания притоку вещества (вода, металлы, строительные материалы, предметы потребления и т.д.), продуктов питания и энергии (газ, уголь, бензин, электричество и т.д.) человек недостаточно заботится об оттоке. Именно по этой причине происходят негативные химические, физические и биологиче-

ские изменения во всех компонентах окружающей среды, снижается экологический потенциал территории, нарастают кризисные ситуации [3, 5-8, 10].

В результате проведённых исследований была разработана концепция комплексного экологического мониторинга (КЭМ) урбанизированной территории южного региона России [1, 3, 7]. КЭМ является главным источником оперативной оценки строения, свойств и состава окружающей среды, прогнозирования ее изменений, обнаружения негативных последствий и выработки рекомендаций по реабилитации экологической обстановки. При этом под окружающей средой понимается сложная суперсистема природных и антропогенных объектов, процессов и явлений, в которых протекает жизнь, труд и быт человека. В окружающей среде выделены следующие главные компоненты: космическая, воздушная, водная, геологическая, биологическая, техническая и социальная [1, 5].

КЭМ представляет собой геоинформационную систему, состоящую из двух главных подсистем:

1) наблюдательно-измерительная подсистема, которая обеспечивает получение первичной информации о состоянии окружающей среды, и которая складывается из наблюдательной сети и лабораторно-измерительного комплекса;

2) собственно информационная подсистема, которая обеспечивает оперативную обработку первичной информации, включая систематизацию, хранение, поиск, анализ, прогноз и выдачу рекомендаций заинтересованным органам.

В концепции КЭМ главное внимание уделено мониторингу геологической среды урбанизированной территории. Под объектом исследования «геологическая среда» понимается (в соответствии с определением, которое дано академиком Е.М. Сергеевым) верхняя часть гидrolитосферы, представляющая собой многокомпонентную динамическую систему, находящуюся под влиянием инженерно-хозяйственной деятельности человека, и в свою очередь, влияющую на эту деятельность. Материально геологическая среда представлена системой: почвы – горные породы – подземные воды – газы – живое вещество.

Изменения состояний геологической среды определяются, с одной стороны, природными условиями: климатом, рельефом, литолого-минеральным составом пород, гидрогеологическими условиями и т.д. С другой стороны, они контролируются высокой концентрацией на ограниченной площади многочисленных антропогенных факторов: жилые массивы, промышленные и горнодобывающие предприятия, энергетические объекты, коммуникации, транспорт, полигоны отходов и другие. Эти факторы резко усиливают изменения строения, свойств и состава геологической среды на урбанизированной территории с проявлением негативных последствий: деградация почв, изменение рельефа, оскудение растительного покрова, нарушение водно-солевого баланса, подтопление территорий подземными водами, снижение прочностных свойств грунтов, интенсивное загрязнение почв, пород и природных вод и многие другие. Это приводит к деформации и разрушению зданий, соору-

жений и коммуникаций, ухудшению санитарно-гигиенического состояния территории и здоровья населения, усилению социальной напряженности, к необходимости больших затрат на восстановление благоприятных условий жизни и деятельности человека.

Например, в южной степной зоне России [1,3,10] широкое распространение получили процессы подтопления территорий грунтовыми водами, только в Ростовской области около половины населенных пунктов имеют подтопленной более 50% территории; общий подъем грунтовых вод составил 10-15 м. Помимо рядовой сети экомониторинга геологической среды на урбанизированных территориях предложено создать ряд экогеологических полигонов (в городах: Новочеркаске, Невинномысске, Темрюке, Элисте) и ключевых участков (в городах: Ростове, Краснодаре, Ставрополе). К экологическим полигонам сформированы требования: изученность, представительность, универсальность, доступность и долговечность.

На урбанизированной территории г.Новочеркасска спроектирован и создан экогеологический полигон, отвечающий предъявляемым выше требованиям, детальное описание которого приведено в монографии и ряде публикаций [1, 3, 7, 10]. Выполнено экогеологическое районирование территории города, на базе которого обоснована наблюдательная сеть полигона. В основу районирования положены особенности режима грунтовых вод, водно-солевой баланс зоны аэрации, гидрогеохимическая обстановка, степень защищенности грунтовых вод, подтопление территории, уровень загрязнения, техногенные нагрузки и др. Список документированных признаков включает характеристики пункта наблюдений и свойств объекта исследований – земной поверхности, почв, грунтов, подземных вод, газов.

Для оценки северной (Промышленной) части г.Новочеркасска с 1994 г. началось функционирование локального экогеологического мониторинга. Анализ результатов наблюдений свидетельствует, что подтопление указанной территории составляет 80-90%. Наихудшая ситуация отмечена в микрорайонах Молодёжном, Хотунок и Новосёловка. Подтоплены территории большинства промышленных предприятий района. Число деформированных сооружений достигает 30%.

Южная (Первомайская) часть города находится в более благоприятных орографических условиях и расположена на Новочеркасском холме с относительно расчленённым рельефом. По результатам наблюдений построена серия специализированных карт и выполнена оценка сложившейся ситуации. Сильно подтопленная зона с глубиной залегания грунтовых вод менее 2 м протягивается полосой вдоль Новочеркасского холма. Умеренно подтопленные территории занимают значительную часть южного района (до 44-47%) и протягиваются широкой полосой по пологим склонам холма. Следовательно, проблема борьбы с подтоплением актуальна для 65-70% территории города. Очень широк спектр загрязняющих геологическую среду веществ: кислоты, щелочи, тяжелые металлы, нефтепродукты, фенолы, СПАВ, органические соединения и многие другие.

Интересно рассмотреть экологическую ситуацию в районе Новочеркасского Вознесенского кафедрального собора, в районе которого функционировал локальный экогеологический мониторинг. Собор относится к наиболее крупным культовым сооружениям России и является памятником истории и культуры федерального значения. Дважды происходило обрушение собора при его возведении из-за наличия в основании просадочных суглинков. Третье строительство было успешно завершено в 1905 году, когда была вскрыта на всю мощность толща суглинков и фундамент собора теперь опирается на скифские глины [3, 10].

Вода в подвале собора впервые появилась в 1950 г. По наблюдениям в процессе локального геомониторинга выявлено, что слой воды в подвале собора достигал 1.8-2.0 м, глубина залегания грунтовых вод 6-8 м, около 8 м сооружения находится ниже уровня грунтовых вод. Для борьбы с подтоплением территории и затоплением подвалов собора была спроектирована система лучевого дренажа. Но строители, занимавшиеся ремонтом сооружения и позолотой купола собора, приняли другое решение. Они зацементировали стены подвала собора. Тем самым была нарушена естественная вентиляция всего сооружения и вопрос о том, как это скажется на сохранности росписей, икон и других религиозных ценностей, остаётся открытым.

Собственно информационная подсистема мониторинга обеспечивает оперативный статистический анализ информации, построение различных карт (общая гидрогеохимическая, подтопления территории, содержания в почвах, грунтах и водах отдельных компонентов и др.), оценку роли различных антропогенных факторов, определение мероприятий по снижению негативных последствий. При анализе информации использованы фирменные и оригинальные компьютерные технологии, например, программа AGAT-2 [2, 4, 8, 9], реализующая G-метод классификации многомерных наблюдений (выделение однородных совокупностей), который основан на оригинальном критерии Z^2 :

$$Z^2 = \frac{M}{\sum_{sk} r_{sk}^2} \cdot \sum_{ij} \frac{\left(X_{ij} - \bar{X}_j \right)^2}{S_j^2} = K \sum_{ij} Z_{ij}^2$$

$$f = K \cdot M \cdot N, \quad G = \sqrt{2Z^2} - \sqrt{2(f-1)},$$

где X_{ij} – значение признака j в наблюдении i ; \bar{x}_j , S_j – среднее и стандартное отклонение признака j ; r_{sk} – коэффициент корреляции между признаками s и k ; M – число признаков; N – число наблюдений; f – число степеней свободы; G – преобразования распределения χ^2 к нормальному с параметрами (0,1). Если вычисленное $G > G_q$, то наблюдение (или N наблюдений) не принадлежат данному однородному классу наблюдений с уровнем потерь q .

G-метод характеризуется следующими наиболее важными свойствами: построение классификации многомерных наблюдений при отсутствии апри-

орных сведений о таксономической структуре наблюдений (задача без учителя); использование зависимых признаков; выделение таксонов различного уровня детальности; оценка сходства-различия между однородными таксонами; определение информативности признаков. Метод успешно применён при анализе информации, полученной при ведении локального и объектного мониторингов природно-технических систем урбанизированных территорий.

Разработанные положения позволили создать программу мониторинга геологической среды урбанизированных территорий, обосновать его (мониторинга) необходимость, определить структуру и функциональные особенности, реализовать на практике локальный и объектный экогеологический мониторинг и эффективно выполнить интерпретацию полученной информации с применением современных компьютерных технологий.

Литература

1. *Гавришин А.И.* Геоэкологические проблемы урбанизированных территорий степной зоны Северного Кавказа. В сб. Основные проблемы геологического изучения и использования недр Северного Кавказа // Материалы VIII Юбил. конф., Ессентуки: 1995. С. 54-57.
2. *Гавришин А.И.* Сборник задач по математической статистике для геологов (2-е переработанное издание, гриф – УМО по Прикладной геологии). Новочеркасск: изд. ЮРГТУ (НПИ), 2010. 102 с.
3. *Гавришин А.И., Бондарева Л.И., Масловская Е.Г.* Геоэкологические проблемы. Город Новочеркасск // Безопасность жизнедеятельности. 2005. №2. С. 9-15.
4. *Гавришин А.И., Корadini А.* Многомерный классификационный метод и его применение при изучении природных объектов. – М.: Недра, 1994. 90 с.
5. *Гавришин А.И., Серeda Ю.А.* Геоэкологические проблемы Восточного Донбасса. Безопасность жизнедеятельности. 2005. № 8. С. 9-15.
6. *Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М.* Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. М.: Наука, 2004. 677 с.
7. Локальный мониторинг урбанизированной геологической среды. Новочеркасский геоэкологической полигон // А.И. Гавришин, Л.И.Бондарева, и др. Новочеркасск: изд-во Набл, 1998. 108 с.
8. *Gavrishin A.I.* Multivariate classification method as a methodological basis for natural object simulation // Hydrological, Chemical and Biological Processes. IAHS Publ. 1994. № 219. P. 337-341.
9. *Gavrishin A.I., Coradini A., Cerroni O.* Multivariate classification method in planetary sciences // Earth, Moon, Planets. 1992. № 59. PP. 141-152.
10. *Gavrishin A.I., Bondareva L.I., Coradini A.* Multivariate classification method in monitoring of urban environment // 8th International IAEG Congress. Rotterdam: Balkema, 2000. P.4389-4392.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ФУНДАМЕНТА ИСТОРИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Т.В. Гусева, Н.К. Розенберг, В.П. Передерин

Институт физики Земли им.О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия
E-mail: guseva@ifz.ru

Исторические культовые и музейные строения, входящие в городскую агломерацию наравне с промышленными, общественными, культурными и другими учреждениями в мегаполисе, являются объектами национального культурного наследия и привлекательны для туризма. Непременным условием продолжительности существования таких объектов должен быть мониторинг технического состояния с оценкой влияния природно-техногенных факторов. Представляем результаты деформационного мониторинга фундамента известного храма в Москве.

Церковь Покрова Пресвятой Богородицы в Филях – действующий православный храм Московской городской епархии. Храм расположен в районе Западного административного округа города Москвы на перекрестке Большой Филевской и Новозаводской улиц. Строительство церкви совершалось в 1690-1694 гг. Здание архитектурно относится к распространённому в конце XVII века типу ярусных центральных церквей, образец раннего московского барокко. Нынешнее здание храма («восьмерик на четверике») возведено в 1690-1694 годах на средства Льва Кирилловича Нарышкина (1664-1705 года), родной дядя царя Петра Великого и брат царицы Натальи Кирилловны, второй жены царя Алексея Михайловича, матери Петра I. Храм Покрова в Филях – пятиярусная центрическая церковь, построенная в стиле «Нарышкинского» барокко. Одно здание совмещает в себе зимнюю и летнюю церкви и колокольню, с четырех лепестковым планом двух нижних ярусов, опоясано в уровне подклета аркадой гульбища. К нему с трех сторон ведут три широких открытых крыльца. Колокола висят в пролётах верхнего, пятого яруса. На первом этаже (подклеть) находилась зимняя (отапливаемая)

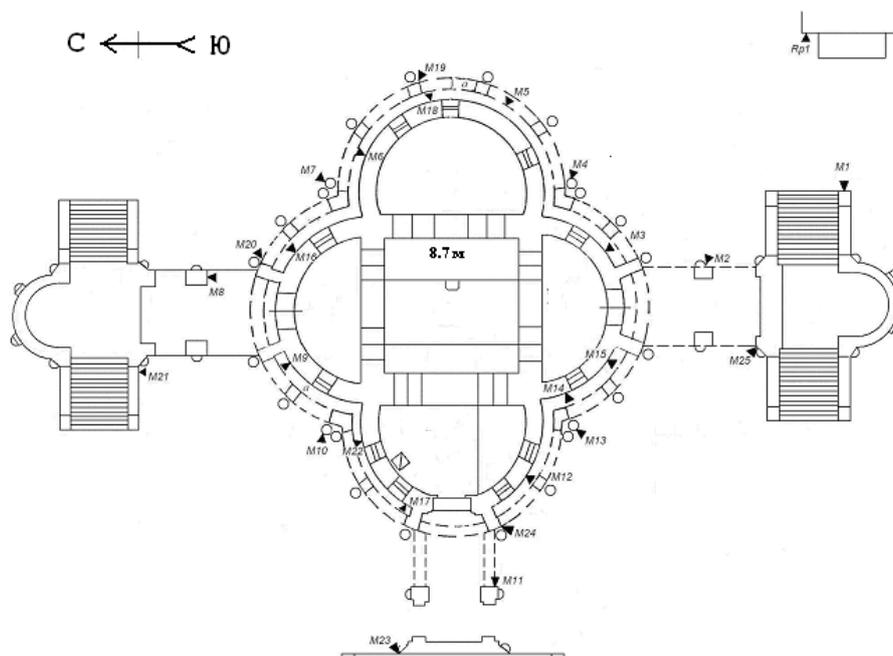


Рис. 1. Вид церкви Покрова Пресвятой Богородицы в Филях. Фото 1882 г.

церковь Покрова Богородицы, а над ней церковь Спаса Нерукотворного, которая названа в благодарность за спасение Л.К. Нарышкина от смерти во время стрелецкого бунта (он молился перед этой иконой во время бунта). Пётр I пожаловал на украшение храма четыреста червонцев. В 1703 году

Пётр I после взятия Нарвы привез дяде в подарок для его церкви цветные витражи. В знак близости хозяина к царю центральная и западная главы храма украшались короной и двуглавым орлом. По преданию, в этом храме неоднократно бывал царь Пётр I [1]. Позднее около церкви был разбит регулярный парк (рис. 1).

Храм является филиалом Центрального музея древнерусской культуры и искусства им. Андрея Рублева.



**Рис. 2. Схема расположения нивелирных марок в цоколе церкви.
Марки отмечены черными треугольниками**

В 1972 г. возле церкви Мосгоргеотрест выполнил разведочное бурение, которое показало, что верхней слой грунта толщиной около 1.5 м относится к коллювиальным отложениям голоцена, следующий слой толщиной 1.6 м является аллювиальными отложениями верхнего плейстоцена, которые лежат на коренных отложениях верхней юры.

Насыщенный транспортный поток на перекрестке двух магистралей и близ движения поездов метрополитена создают негативное воздействие на храмовый комплекс, фиксируемое деформированием здания и появлением в нем трещин, что вызывает беспокойство за сохранность памятника древнерусской культуры.

В 2006-2009 гг. изучение неравномерности деформирования цоколя сооружения церкви Покрова в Филях было выполнено с помощью точного нивелирования [1]. В качестве индикаторов смещений использованы 25 марок,

представляющие собой обычные стальные дюбеля закрепленные в каменный цокольный фундамент или кирпичную кладку стены церковных строений на высоту до 1 м от земной поверхности (рис. 2). Наблюдения производились с использованием комплекта аппаратуры: уровненного нивелира Н-05 и 2-х метровой рейки с инварной полосой фирмы Цейс. Применение для измерений только одной рейки обусловлено необходимостью обеспечить по возможности одинаковое давление её при постановке на марку. Нивелирные замеры производились по основной и дополнительной шкале рейки при двух горизонтах в прямом и обратном направлениях. При выполнении измерений чувствуется вибрация, производимая постоянным потоком автомашин на рядом расположенных автомагистралях.

Таблица 1

Изменения условных высот между циклами измерений относительно рп.1, принятого за неподвижный

№ п.п	№ репера Временной интервал, дни	dH, мм									
		146	258	110	397	139	516	607	882	1030	1115
		1-2	1-3	2-3	1-4	3-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9
27	Гр.рп. 30										0,9
1	Рр 1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0
2	М. 1	0,9	-0,5	-1,4	-0,5	0,0	1,0	3,3	2,7	2,1	2,2
3	М. 2	1,5	-0,5	-2,0	1,2	1,7	1,2	4,5	3,3	3,6	3,8
4	М. 3	1,2	-2,1	-3,2	-0,9	1,2	-0,8	3,7	2,7	2,8	2,8
5	М. 4	2,0	-0,7	-2,7	0,9	1,6	1,5	4,6	3,3	3,7	2,7
6	М. 5	1,5	-0,2	-1,7	0,3	0,5	0,8	4,7	4,1	5,6	4,3
7	М. 6	1,3	-0,3	-1,6	-0,4	-0,1	0,0	4,7	4,2	5	4,1
8	М. 7	1,8	0,1	-1,7	0,0	-0,1	1,7	5,1	4,5	5,9	4,2
9	М. 8	0,8	-1,3	-2,1	-1,1	0,2	0,1	4,1	3,6	4,4	2,7
10	М. 9	1,2	-1,6	-2,8	-0,7	0,9	1,1	5,1	4,5	5,1	3,9
11	М. 10	0,0	-1,3	-1,3	-1,0	0,3	0,7	4,1	4,6	5,1	4,1
12	М. 11	0,2	-1,7	-1,9	-1,1	0,6	-0,6	3,6	3,8	4,7	2,9
13	М. 12	1,4	-1,5	-2,9	-0,5	0,9	0,2	4,0	4,3	5,2	4,3
14	М. 13	1,9	0,0	-1,9	0,5	0,5	2,3	4,4	5,7	7	5,0
15	М. 14	0,0	0,2	0,2	0,6	0,4	1,4	4,5	5,1	6,3	4,2
16	М. 15	0,0	0,7	0,7	0,9	0,2	3,6	5,2	3,7	5,1	6,0
17	М. 16	1,1	-0,9	-2,0	-0,1	0,8	0,7	4,6	4,2	5,2	1,5
18	М. 17	0,0	0,6	0,6	0,8	0,2	1,6	6,4	6,0	6,7	4,8
19	М. 18	1,5	0,0	-1,5	-0,3	-0,3	0,3	4,5	4,1	4,4	3,6
20	М. 19	1,7	0,3	-1,4	-0,1	-0,4	0,8	4,5	4,2	3,4	4,0
21	М. 20	0,9	-1,6	-2,5	-2,1	-0,5	-0,1	4,2	3,6	3,5	2,5
22	М. 21	0,2	-2,4	-2,6	-1,0	1,4	0,0	4,2	4,4	4,8	3,7
23	М. 22	0,3	-0,6	-0,9	-0,1	0,5	0,9	5,0	5,2	6	4,4
24	М. 23	0,0	0,9	0,9	1,3	0,4	2,2	6,4	6,4	7,1	5,0
25	М. 24	1,3	-0,9	-2,2	-0,2	0,7	0,4	3,0	4,4	5,4	3,8
26	М. 25	1,9	-0,4	-2,3	0,6	1,0	2,5	5,1	3,3	4,4	5,5
	Среднее	0,99	-0,63	-1,61	-0,15	0,48		4,54	4,0	4,81	3,52

При вычислениях условных высот за опорный неподвижный во времени принимался репер 1 (Rp 1 на рис. 2). Репер представляет собой стальной дюбель, закреплённый сверху фундамента служебного здания музея, расположенного в 42 м на восток от восточного крыльца церкви. После выполнения первых циклов нивелирования было рекомендовано создать другой опорный репер. В июле 2007 г. на территории музейного сквера в 120 м на восток-юго-восток от церкви был заложен грунтовый трубчатый репер № 30 с закреплением якоря на глубине 3 м.

Авторами выполнено 9 циклов нивелирования: 20 июля и 15 декабря 2006 г., 4 апреля 2007 г., 21 августа и 18 декабря 2007 г., 18 марта и 18 декабря 2008 г., 5 мая и 6 августа 2009 г. Сравнение изменения условных высот между циклами измерений относительно Rp 1, принятого за неподвижный, приведено в табл. 1.

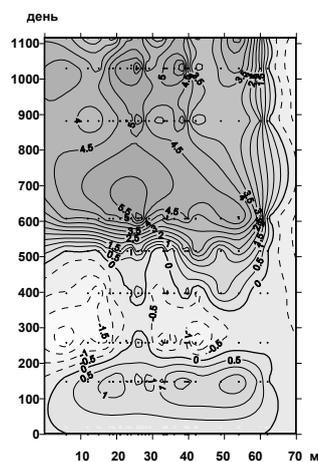


Рис. 3. Пространственно-временной график вертикальных смещений нивелирных марок по линии марок 21-8-20-9-16-7-10-7-22-6-23-17-19-18-11-24-5-12-13-14-4-3-15-2-25-1-рп.1 в основании церкви Покрова в Филях относительно рп.1 и начальной эпохи 20.07.2006

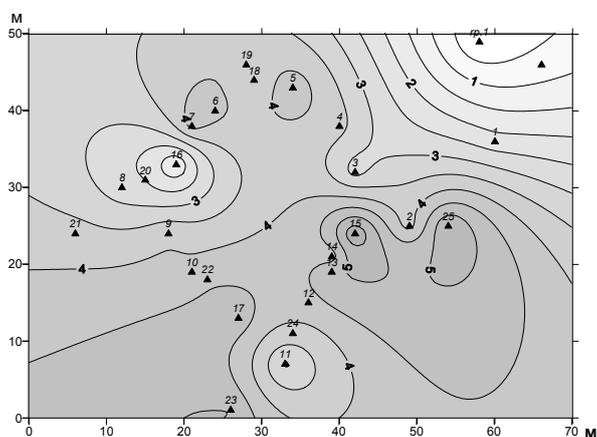


Рис. 4. Карта вертикальных смещений нивелирных марок в основании церкви Покрова в Филях относительно репера 1 за период 20.07.2006-05.05.2009 гг. Изолинии проведены через 0.5 мм

В результате сравнения данных нивелирования всех циклов зафиксирован подъем марок в 2006 году, сменившийся опусканием их в 2007 году, после которого началось относительное поднятие, достигшее к маю 2009 г. максимума, составившее в среднем 4,8 мм (максимально 7 мм). За три последние месяца поднятие снизилось в среднем на 1,3 мм. Как происходило вертикальное смещение марок во времени за 1115 дней от исходного цикла представлено на пространственно-временном графике (рис. 3). Плановое ориентирование графика выполнено с северо-запада на юго-восток по линии ма-

рок 21-8-20-9-16-7-10-7-22-6-23-17-19-18-11-24-5-12-13-14-4-3-15-2-25-1-рп.1, где приведены последовательно перемещения во времени каждой из марок относительно рп.1. На рисунке видно, что с течением времени происходило общее поднятие церковного здания с наклоном в юго-восточном направлении при наличии возвратных перемещений. Деформирование всего цоколя здания за 2006-2009 гг. показано на рис. 4.

Хотя вертикальные перемещения отдельных частей цоколя церкви неравномерны, общий наклон здания в юго-восточном направлении можно считать установленным. Кроме того, наблюдения с помощью теодолита подтверждают наклон верхней части колокольни, что указывает на необходимость провести более детальные исследования зафиксированного деформационного процесса исторического здания.

Литература

1. *Борис Михайлов.* «Храм в Филях. История прихода и храма Покрова Пресвятой Богородицы в Филях XVII–XX века» 2002 г.
2. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов, (ГКИНП (ГНТА) 03-010-03. М.: ЦНИИГАиК, 2004.

ДИНАМИКА СЛОЯ СЕЗОННОГО ПРОТАИВАНИЯ ПОРОД НА СЛАБОНАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ДОЛИНЫ ТУЙМААДА

М.В. Данзанова

Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, 677010, г. Якутск,
ул. Мерзлотная, 36. E-mail: dmv_1585@mail.ru

Изучению надмерзлотных вод, формирующихся в слое сезонного промерзания, уделяется чрезвычайно мало внимания, несмотря на то, что они участвуют в увеличении обводненности грунтов, особенно, в начале летнего периода, вызывают развитие опасных криогенных процессов (пучение, термопросадки и т.д.), а при высокой минерализации могут представлять угрозу для нормальной эксплуатации инженерных сооружений. Целью настоящих исследований является изучение изменения химического состава надмерзлотных вод на слабонарушенных территориях в зависимости от климатических условий, а также динамика мощности и изменение температурных условий сезонноталого слоя (СТС) в зависимости от особенностей рельефа. Исследования проводились в пригородной части г.Якутска, который расположен в долине Туймаада.

На территории города Якутска режимные наблюдения за уровнем и химическим составом надмерзлотных вод деятельного слоя проводилось сотрудниками Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН в период 1993-2001 гг. Этими исследованиями было установлено, что формирование надмерзлотных вод в черте города происходит, как правило, в начале июня [1, 3]. Химический состав надмерзлотных вод в черте г. Якутска весьма разнообразный и зависит от степени и вида техногенной нагрузки [1, 2, 5]. В условиях высокой зарегулированности надмерзлотного стока могут формироваться надмерзлотные криопэги [4, 6, 7]. Для прогноза изменения мерзлотно-гидрогеологических и гидрохимических условий под действием того или иного техногенного вмешательства важно знать естественный режим надмерзлотных вод сезонноталого слоя в разных ландшафтных условиях. Изучение надмерзлотных вод невозможно без наблюдений за слоем сезонного протаивания пород и его динамикой в зависимости от изменения климатических характеристик. Такие комплексные мерзлотно-гидрогеологические исследования проводятся в черте г. Якутска на стационаре «Туймаада» с 1998 г.

Стационар расположен на низкой надпойменной террасе р. Лены и примыкает к бровке песчаной серповидной гряды. Территория стационара ровная, абсолютные отметки ее поверхности составляют 98,0-99,0 м. В северо-западной части находится естественная заболоченная ложбина стока с абсолютными отметками поверхности 95,5-96,0 м. В геологическом строении участка принимают участие: почвенно-растительный горизонт до 0,2-0,3 м; переслаивание супесей и суглинков с прослойками песка до глубины примерно 1,8 м; подстилающиеся песками мелкой и средней зернистости до глубины 20 м. В целом, территорию стационара можно охарактеризовать как слабонарушенную.

Для изучения мерзлотно-гидрогеологической обстановки и постановки дальнейших исследований на стационаре «Туймаада» в 2008-2009 гг. были пробурены три скважины по профилю на разных элементах рельефа: скважина 1Г – геотермическая, расположена на поверхности песчаной гряды у ее бровки, геотермическая скважина 2Г в нижней части склона, и гидрогеологическая скважина 3Г – в естественной ложбине стока. При бурении скважины 3Г в понижении в марте 2009 г. в мелкозернистых песках в интервале от 2 до 3 м был вскрыт водоносный слой.

На основании анализа геотермических данных установлено, что в разных ландшафтных условиях глубина сезонного протаивания грунтов и скорость их промерзания-оттаивания неодинакова. На возвышенном участке мощность сезонноталого слоя составляет 2 м. На склоне в летний период грунты протаивают до глубины 2,5-3,0 м. Более интенсивное их охлаждение и прогревание отмечается на ровной поверхности (рис.1). Температура грунтов на глубине 10 м на этих двух участках в период наблюдений составляла – 1,9...-2,1°C.

С особенностями теплового режима грунтов, изменчивостью их сезонного промерзания и протаивания связаны и особенности перераспределения растворимых солей по разрезу. На повышенном участке наибольшая засолен-

ность (до 0,05-0,07%) супесчаных отложений прослеживается до глубины 1,0-1,5 м, а на склоне – до 4,0-4,5 м, что соответствует мощности слоя сезонного протаивания грунтов. В подстилающих многолетнемерзлых песках концентрация растворимых солей изменяется от 0,01 до 0,03%.

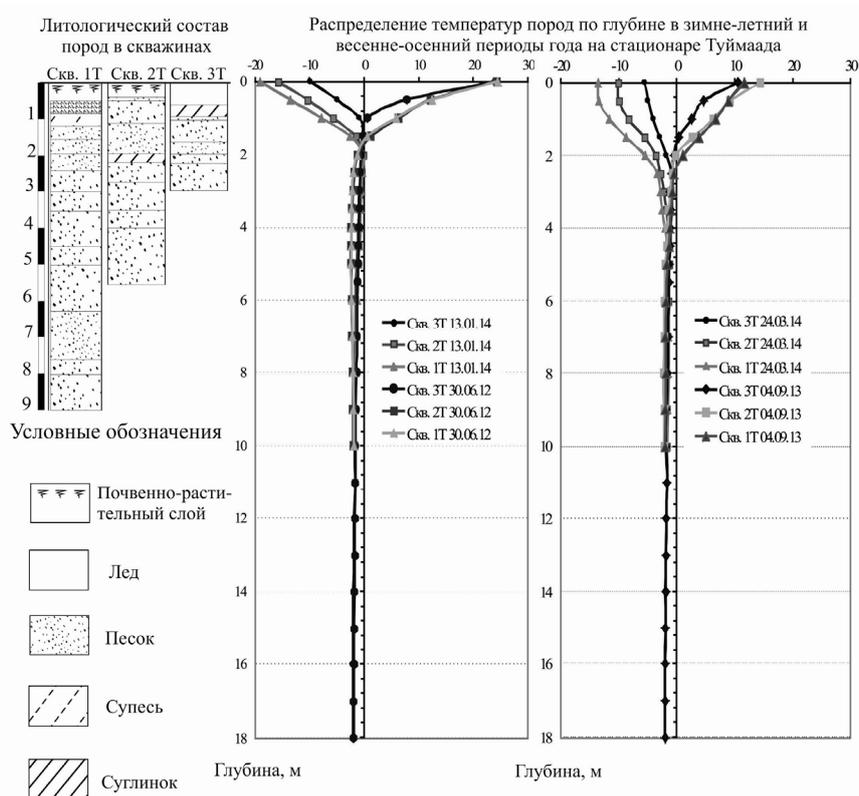


Рис. 1. Изменение температуры грунтов на разных элементах рельефа:
сква. 1Т – поверхность гряды, сква. 2Т – на ее склоне, сква. 3Т – в ложбине стока

При изучении перераспределения солей по элементам рельефа было отмечено, что грунты на поверхности песчаной гряды менее всего засолены за счет хорошей дренированности отложений, обеспечивающей вынос растворимых веществ с надмерзлотным стоком. Накопление солей происходит в низине, где их концентрация в супесчано-суглинистых отложениях слоя сезонного протаивания составляет 0,05-0,15%. Повышенная засоленность грунтов в ложбине стока, а также их высокая обводненность в 2006 и 2007 гг., вызванная большим количеством атмосферных осадков (263 и 215 мм соответственно), по-видимому, и определили формирование в подошве слоя сезонного протаивания надмерзлотных вод хлоридного натриево-магниевого состава с минерализацией 10 г/л.

Как показали результаты дальнейших исследований, водоносный слой в ложбине стока сохранялся круглогодично до 2011 г. Мощность обводненных пород достигала максимума в осенний период и составляла 1,6-2,1 м, а сокращалась в процессе зимнего промерзания пород до 1,0 м. Истощение запасов надмерзлотных вод СТС происходило за счет миграции влаги к фронту промерзания. Этот процесс восходящего переноса влаги в зимний период является ведущим в формировании режима надмерзлотных вод сезонноталого слоя и грунтовых вод в небольших таликах [8]. При достижении границы сезонного промерзания кровли водоносного слоя, которое на участке скважины 3Г происходило в марте-апреле, наблюдалось незначительное повышение уровня подземных вод. Криогенный гидростатический напор составлял 0,3 м. В это время отмечалась максимальная минерализация надмерзлотных вод – 10-14 г/л. Повышение ее зимой связано с криогенным концентрированием солей в подземных водах, промерзающих в гидравлически замкнутой системе. О криогенном метаморфизме надмерзлотных вод свидетельствует преобладание в их составе хлоридов натрия и магния, достигающее 83% от суммы всех солей. Содержание химических веществ в надмерзлотных грунтовых водах уменьшалось до 6-8 г/л в осенний период после протаивания пород сезонномерзлого слоя и смешивания с инфильтрующимися атмосферными осадками. Концентрация хлоридов натрия и магния при этом уменьшалась до 68%, на содержание сульфатов магния и гидрокарбонатов кальция приходилось по 15%.

В зимний период 2011-2012 гг. произошло промерзание водоносного перезимка. Этому способствовали климатические условия двух предыдущих лет: небольшое количество атмосферных осадков (112 мм в 2010 г и 133 мм в 2011 г.) и относительно низкие температуры воздуха зимой.

По данным химических анализов, с 2011 по 2014 г. прослеживалось постепенное уменьшение минерализации надмерзлотных вод, формирующихся в сезонноталом слое, по всей вероятности связанное с криогенным их опреснением. Как известно, после полного промерзания водоносного слоя и выпадения в осадок ряда солей, при последующем оттаивании пород не все соли переходят в жидкую фазу [1]. В первую очередь возвращаются в раствор хорошо растворимые хлориды и частично сульфаты. Именно этот процесс наблюдался на участке скважины 3Г. Несмотря на снижение минерализации надмерзлотных вод СТС до 4-2 г/л, в их солевом составе оставались преобладающими хлориды магния и натрия, концентрация которых в сумме составляла 53-68%. Содержание сульфатов магния и кальция изменялось в пределах 16-20%, на гидрокарбонаты кальция приходилось 13-16%.

Таким образом, анализ результатов геотермических наблюдений показал, что даже на небольшом по площади участке имеются особенности в формировании слоя сезонного протаивания и распределении температуры грунтов в слое годовых теплооборотов и зависимости от микрорельефа. В период наблюдений на поверхности песчаной гряды и ее склоне существенных изменений в мощности слоя сезонного протаивания и его температуре не отмечалось. В ложбине стока существовал динамичный слой сезонного

протаивания-промерзания грунтов. Изменчивость его мощности обусловлена климатическими особенностями: экстремальная величина глубины протаивания пород и формирование водоносного перезимка согласуется с увеличением атмосферных осадков в предыдущий период. Сокращение мощности СТС и промерзание перезимка происходит в сухие годы.

В условиях способствующих сохранению водоносного слоя зимой, в процессе сезонного промерзания пород наблюдается увеличение концентрации солей в надмерзлотных водах в 2,5-3,5 раза по сравнению с осенним периодом за счет хлоридов магния и натрия. После смыкания деятельного слоя с многолетнемерзлыми породами и последующего оттаивания пород наблюдалось постепенное уменьшение минерализации надмерзлотных вод, формирующихся в сезонноталом слое. Тем не менее, в их солевом составе воды доминировали хорошо растворимые хлориды натрия и магния.

При освоении подобных территорий необходимо учитывать выявленные особенности изменчивости мощности слоя сезонного протаивания пород и вероятность формирования в его подошве перезимка с надмерзлотными водами повышенной минерализации. Благодаря высокой солености такие надмерзлотные воды могут сохраняться в жидкой фазе и при отрицательной температуре, а со временем могут перейти в разряд постоянно существующих криопэггов.

Сравнительный анализ материалов мерзлотно-гидрогеохимических исследований, проведенных на площадках подверженных в разной степени техногенному воздействию, в дальнейшем позволит выработать методы борьбы с загрязнением природной среды и контролировать ее изменения.

Литература

1. *Анисимова Н.П.* Криогидрогеохимические особенности мерзлой зоны. Новосибирск: Наука, 1981. 153 с.
2. *Анисимова Н.П., Павлова Н.А.* Особенности формирования криопэггов в слое годовых теплооборотов на территории Якутска // Криосфера Земли. 2002. Т. 4. С. 63-69.
3. *Анисимова Н.П.* Режимные исследования надмерзлотных таликов в окрестностях Якутска // Криолитозона и подземные воды Сибири. Ч. 2. Изд-во ИМЗ СО РАН, 1996. С. 3-16
4. *Павлова Н.А., Данзанова М.В.* К вопросу о решении проблемы обводнения застраиваемой территории города Якутска // Наука и образование. 2013. № 3 (71). С. 101-105.
5. *Павлова Н.А.* Динамика мерзлотно-гидрогеохимической обстановки на участках распространения криопэггов в г.Якутске // Наука и образование, 2010, №3. – С. 15-19
6. *Шепелев В.В.* Надмерзлотные воды криолитозоны. Новосибирск: академическое издательство «Гео», 2011. 169 с.
7. *Шепелев В.В., Санникова А.В.* Особенности нарушенного режима надмерзлотных вод деятельного слоя // Мониторинг подземных вод криолитозоны, отв. ред. В.Т. Балобаев, Шепелев В.В. Якутск: изд-во Института мерзлотоведения СО РАН, 2002. С. 60-66.
8. *Шепелев В.В., Чжан Т.Р.* Особенности гидрогеологических условий урбанизированных территорий криолитозоны и основные проблемы борьбы с их подтоплением (на примере г. Якутск) // Отечественная геология. 2011. № 6. С. 58-63.

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ МЕТОДИКИ АКТИВНОГО ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ

А.Н. Камшилин, П.А. Казначеев

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН,
123995, г. Москва, ул. Б. Грузинская, д. 10, стр. 1. E-mail: kamshilin@ifz.ru, p_a_k@mail.ru

Актуальность мониторинга опасных геологических процессов в городских условиях в настоящее время очевидна. Расширение городов захватывает новые территории, в том числе со сложными геологическими условиями. Увеличение антропогенной нагрузки на окружающую среду, в частности – изменение условий поверхностных стоков, сброс отходов производств – активизирует опасные геологические процессы, такие как карстообразование, суффозию, оползни, проседания и провалы грунта.

Авторы были свидетелями провалов и проседаний грунта в городских условиях; их фотографии показаны на рис.1-2. Указанное место находится на востоке Москвы, недалеко от Измайловского лесопарка. Провалы произошли на тротуаре, неподалеку от коллектора. По всей видимости, они связаны со сложными гидрогеологическими условиями (подземные речки).

Из рис. 1-2 видно, что провалы представляют серьезную угрозу пешеходам. Размер провала на незаасфальтированной территории (на газоне) составляет около 1,5 м в диаметре (по рис. 1, а), размер провала на заасфальтированной территории – около 1,5х1,8 м (по рис. 2, с). При возникновении провалов таких размеров на проезжей части возможны серьезные автомобильные аварии.

Отличительная особенность провалов грунта в городских условиях, особенно на заасфальтированных территориях, состоит в том, что видимые проявления на определенном этапе могут быть незначительными (например, на асфальте), а при соответствующем внешнем воздействии (большая нагрузка, ударное воздействие) может резко образоваться провал. Например, это видно из сравнения рис. 1 и 2. После каждой засыпки провала на газоне достаточно быстро происходило новое заметное проседание грунта (рис. 1). После ремонта асфальтового покрытия тротуара там, где был провал на асфальте, новый асфальт проседал и ломался очень медленно (рис. 2). При этом, скорее всего, под асфальтом грунт разуплотнился достаточно быстро, как и в первом случае. При внешнем воздействии (например, проезде автомобиля) асфальтовое покрытие могло бы резко проломиться.

Таким образом, для обеспечения безопасной человеческой деятельности в городе актуальна задача разработки методов мониторинга состояния геологической среды в городских условиях, которые позволили бы отслеживать её небольшие изменения (разуплотнение грунта; образование пустот, не выходящих на поверхность).

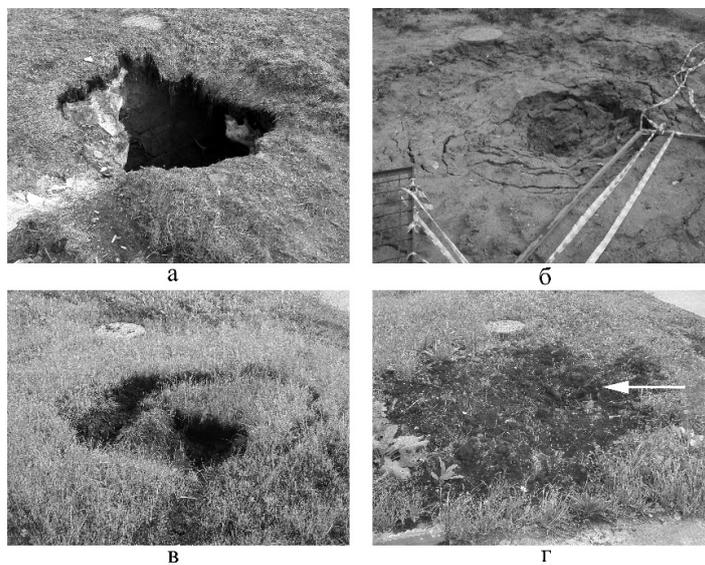


Рис. 1. Пример образования провала грунта в городе на незаасфальтированной территории:

a – первичный провал, апрель; *б* – проседание после первой засыпки, май; *в* – проседание после второй засыпки, лето; *г* – проседание после третьей засыпки (отмечено стрелкой), сентябрь

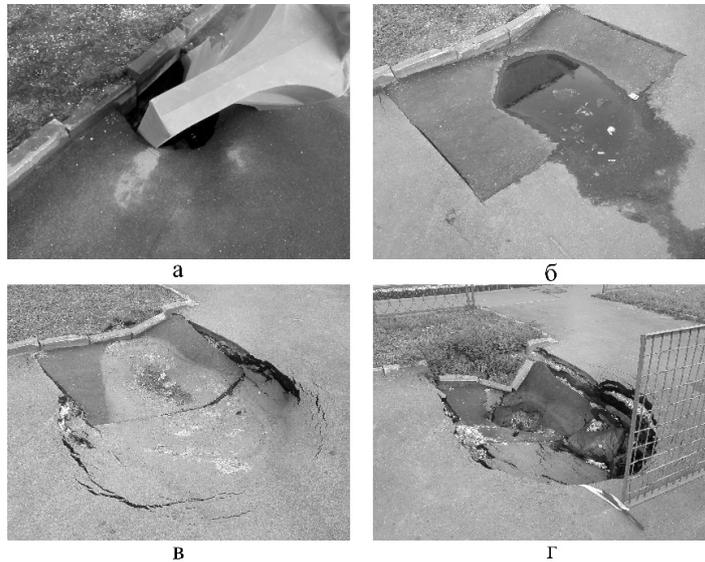


Рис. 2. Пример образования провала грунта в городе на заасфальтированной территории:

a – первичный провал, апрель; *б* – проседание грунта спустя месяц после первого ремонта; *в* – то же, спустя еще две недели; *г* – то же, спустя еще полтора месяца.

Принцип построения геоэлектрической мониторинговой системы, использующей метод активного геоэлектрического мониторинга (АГЭМ) [3, 4], заключается в следующем (рис. 3). На участке, подлежащем контролю, размещается электрометрическая установка, состоящая из пары излучающих электродов и группы измерительных устройств. На рис. 3, *а* условно показана конфигурация поля (эквипотенциальные линии) около одного из излучающих электродов (А) в исходном состоянии, до изменения состояния среды. В эквипотенциальном способе АГЭМ [1] измерительными устройствами являются пары электродов. Каждая пара измерительных электродов размещается таким образом, чтобы исходная установочная разность потенциалов между ними была близка к нулю, например, на рис. 3, *а* это М и N, $U_{MN0} \approx 0$. Это означает, что они находятся на одной эквипотенциальной линии поля (на рис. 3, *а* М и N находятся на линии под номером 4).

При изменении структуры и/или свойств геологической среды произойдет изменение конфигурации поля. На рис. 3, *б* заштрихована область, у которой изменились электрические свойства (например, вследствие разуплотнения). При этом изменится и расположение эквипотенциальных линий; на рис. 3, *б* показано, что электрод М оказался на эквипотенциальной линии под номером 4, а электрод N – на линии под номером 3. Появится разность потенциалов ΔU_{MN} между электродами М и N, которая будет свидетельствовать об изменении среды.

Главное, что в установке АГЭМ мы минимизируем влияние уже существующих неоднородностей, в том числе искусственных (коллекторы, трубопроводы, подземные сооружения). Исходная установочная разность потенциалов U_{MN0} минимальна по сравнению с другими электрометрическими установками. При этом достигается максимальная чувствительность к изменению среды (соотношение изменения разности потенциалов ΔU_{MN} к исходной разности потенциалов U_{MN0}).

Аналогичным образом может быть построена установка, в которой измеряются не потенциалы, а плотности тока, для чего можно использовать локальный измеритель тока [5].

Экспериментальное исследование метода АГЭМ проводилось на лабораторной модели, построенной для изучения суффозионных процессов [6, 7] и принадлежавшая предприятию ОАО «Противокарстовая и береговая защита». Была проверена возможность применения эквипотенциального способа АГЭМ для обнаружения закрытых обрушений грунтов над подземными полостями (рис. 4) [2, 4].

Рабочая камера модели, имеющая размеры 95×74×30 см, полностью заполнялась влажным песком. При открытии отверстия в раздвижном дне (4) в результате вывала песка (2) в грунтоприемник (5) в песчаном теле модели (3) образуется закрытая полость обрушения (1). Ограниченный объем камеры в некоторой степени подобен ограниченными областями геологической среды в городских условиях.

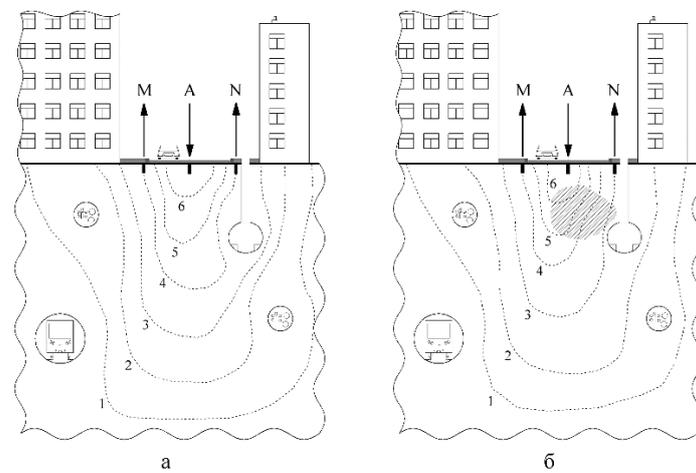


Рис. 3. Условная схема эквипотенциальной установки АГЭМ в городских условиях и распределение электрического поля:

в исходном состоянии (а) и после изменения состояния геологической среды (б):
A – излучающий электрод; *M* и *N* – измерительные электроды. Штриховыми линиями условно показаны эквипотенциальные линии электрического поля, созданного в среде установкой АГЭМ; цифрами 1-6 обозначены условные «номера» эквипотенциальных линий.
 На рисунке (б) заштрихована область с изменившимися электрическими свойствами

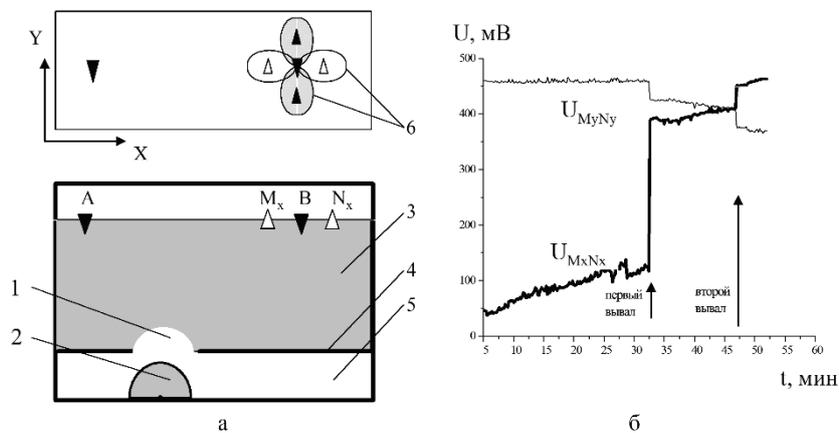


Рис. 4. Лабораторное моделирование процесса образования подземной полости:

a – схема рабочей камеры с размещенной на ее поверхности двухкоординатной эквипотенциальной установкой (вверху – вид в плане; внизу – вид в разрезе);

б – результаты выполненных измерений:

A и *B* – излучающие электроды; *M* и *N* – пары измерительных электродов, ориентированные по разным осям (треугольники без заливки – по оси $X (M_x N_x)$, залитые треугольники – по оси $Y (M_y N_y)$). Стрелками на рисунке (б) отмечены моменты первого и второго вывалов; на вертикальной оси – измеряемая разность потенциалов, на горизонтальной оси – время от начала регистрации, мин

На поверхности песка две ортогональные пары измерительных электродов M_xN_x и M_yN_y располагались максимально точно на одной эквипотенциальной линии. На рис. 4а условно показана диаграмма направленности пар измерительных электродов (обозначение б на рис.4; без заливки – M_xN_x , залитые – M_yN_y). На графиках сигналов $U_{M_xN_x}$ и $U_{M_yN_y}$ (рис.4б) четко прослеживается процесс подготовки, возникновения (первый вывал) и расширения (второй вывал) закрытой полости.

В заключение можно отметить, что метод активного геоэлектрического мониторинга, по своим принципам и результатам лабораторных исследований, является перспективным методом отслеживания опасных геологических процессов в городских условиях.

Литература

1. А.с. 1048439 СССР, МКИ³ G 01 V 3/02. Способ измерения временных вариаций удельного сопротивления земли / А.Н. Камшилин, Е.Н. Волкова, В.Б. Кравченко (СССР). – № 3302854/18-25; заявл. 19.06.1981; опубл. 15.10.1983, Бюл. № 38.
2. Возможности регистрации подземных обрушений грунтов с помощью активного геоэлектрического мониторинга / В.П. Хоменко, А.Н. Камшилин, О.Р. Кузичкин, Е.Н. Волкова // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 11. С. 12-14.
3. Волкова Е.Н., Камшилин А.Н., Казначеев П.А., Попов В.В. Применение метода активного геоэлектрического мониторинга для отслеживания процессов подготовки провалов грунта: оценка возможностей метода и требований к аппаратуре // Сергеевские чтения. Вып. 16. М.: РУДН, 2014. С. 528-532.
4. Геоэлектрические исследования процессов подготовки провалов грунта / Е.Н. Волкова, П.А. Казначеев, А.Н. Камшилин, В.В. Попов // Геофизические исследования. – 2013. Т. 14, № 3. С. 64-79.
5. Казначеев П.А., Камшилин А.Н., Попов В.В. Измерение локальной плотности тока в земной коре // Вестник МЭИ. 2011. № 5. С. 57-63.
6. Хоменко В.П. Закономерности и прогноз суффозионных процессов. М.: ГЕОС, 2003.
7. Хоменко В.П., Маханько Е.П., Исаев Е.И. Установка для исследования суффозионной устойчивости грунтов: Патент РФ № 1823923 А3. 1993.

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ НА РАНЕЕ ОСВОЕННЫХ И ПОВТОРНО ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ В ПРОЦЕССЕ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

П.И. Кашперюк, А.А. Кашперюк

ФГБОУ ВПО «МГСУ», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

E-mail: npf-sivs@yandex.ru

Новое строительство современных зданий и сооружений в крупных городах осуществляется, как правило, на ранее освоенных и повторно используемых городских территориях после ликвидации на них эксплуатируемых объектов. Освоение подземного пространства и наличие густой сети теплоносущих коммуникаций в пределах городов приводит к формированию здесь специфических, не характеризующихся для естественных условий аномальных температурных полей в грунтовых толщах. Причем, часто вблизи действующих городских теплотрасс температура грунта может на несколько десятков градусов превышать её среднегодовые значения.

Известно, что инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания под новое строительство проводятся на подобных участках в условиях, когда подлежащие ликвидации здания и сооружения ещё находятся в эксплуатации. В связи с этим, в процессе изысканий определяются основные параметры свойств грунтов для специфических сформировавшихся условий системы «основание-сооружение» с характерным температурным и влажностным режимом грунтовой толщи. Представленные изыскателями физико-механические свойства грунтов закладываются в расчеты фундаментов проектируемых сооружений.

Однако, при подготовке площадки под новое строительство после сноса эксплуатируемых сооружений, которые, как правило, осуществляются после разработки утверждаемой части проекта или даже рабочей документации, на участке происходит резкая перестройка геологических полей, в том числе температурного поля, что приводит к существенному изменению влажностного режима в глинистых грунтах и, соответственно, изменению их состояния, прочностных и деформационных свойств.

Таким образом, на подобных участках строительство новых зданий и сооружений осуществляется на грунтах, значения параметров физико-механических свойств которых могут существенно отличаться от тех, которые по данным изысканий учитывались при проектировании.

Следует отметить, что процесс влагопереноса в грунтах в естественных условиях осуществляется при наличии температурного поля, причем перераспределение влаги за счет градиента температуры происходит от более на-

гретой области к более холодной [1,3,4]. Таким образом, вблизи подземного сооружения имеет место осушение грунтового массива глинистых, а в зоне аэрации – песчаных грунтов. В зоне полного водонасыщения песчаных грунтов в пределах области повышенных значений температур формируются участки повышенных значений коэффициентов фильтрации песков [6]. После ликвидации теплоносителя (сооружения) и смены температурного градиента в глинистых грунтах влагоперенос меняет свое направление на противоположное, т.е. происходит замачивание (увлажнение) ранее подсушенных грунтов. Учитывая исследования Р.И. Злочевской [2], нельзя исключать и возможность дополнительного притока влаги за счет повышенной концентрации порового раствора в подсушенных глинистых грунтах.

Процесс влагопереноса в толще грунтов после ликвидации теплоисточника, с нашей точки зрения, представляется в следующем виде. По истечении первых месяцев после ликвидации теплоносителя, в теплое время года происходит выравнивание температурных градиентов (до нулевых значений) по горизонтали и установление характерных для данных условий сезонных температурных градиентов по вертикали. В первый холодный сезон после ликвидации теплоносителя сооружения в области ранее подсушенных глинистых грунтов изотермы со значениями температуры ниже среднегодовой из-за больших значений теплопроводности более сухих грунтов оказываются на больших глубинах по сравнению с окружающими участками. В результате в таких грунтах формируется специфическое температурное поле, где температурный градиент, а вместе с ним и влагоперенос меняет свое направление на противоположное. На таких участках начинается интенсивное замачивание глинистых грунтов как по горизонтали, так и снизу-вверх, что приводит к изменению их состояния и, соответственно, увеличению деформационных свойств.

Влияние изменения температурного режима грунтов на их физико-механические свойства можно показать на примере строительства жилых домов по улице Ясногорская, влад.21 и ул.Тарусская, влад.22 (расстояние между площадками 250 м).

При инженерно-геологических изысканиях на указанных площадках в 2007 и 2008 гг. соответственно, авторами настоящей статьи были выполнены температурные измерения грунтов в 2 скважинах по одной на площадке. Характер распределения температур на глубину 25 м приведен на рис. 1.

Кривая распределения температур в скважине №7 на ул. Ясногорская при среднегодовой температуре $10,2^{\circ}\text{C}$ вышла на асимптоту на глубине 14,0 м, что, по-видимому, связано с залеганием на этой глубине выдержанного водоносного горизонта, причем максимальная температура грунта на глубине 5,0 м здесь составляла $28,0^{\circ}\text{C}$. Здесь нужно отметить, что скважина №7, в которой проводились замеры температур, располагалась в 6-ти метрах от оси проходящего под проектируемым зданием трубопровода городской теплоцентрали, залегающей на глубине 3,5 м. В дальнейшем при строительстве в 2010 г. теплотрасса в пределах контура здания была демонтирована и перенесена на расстояние 30 м от строящегося здания.

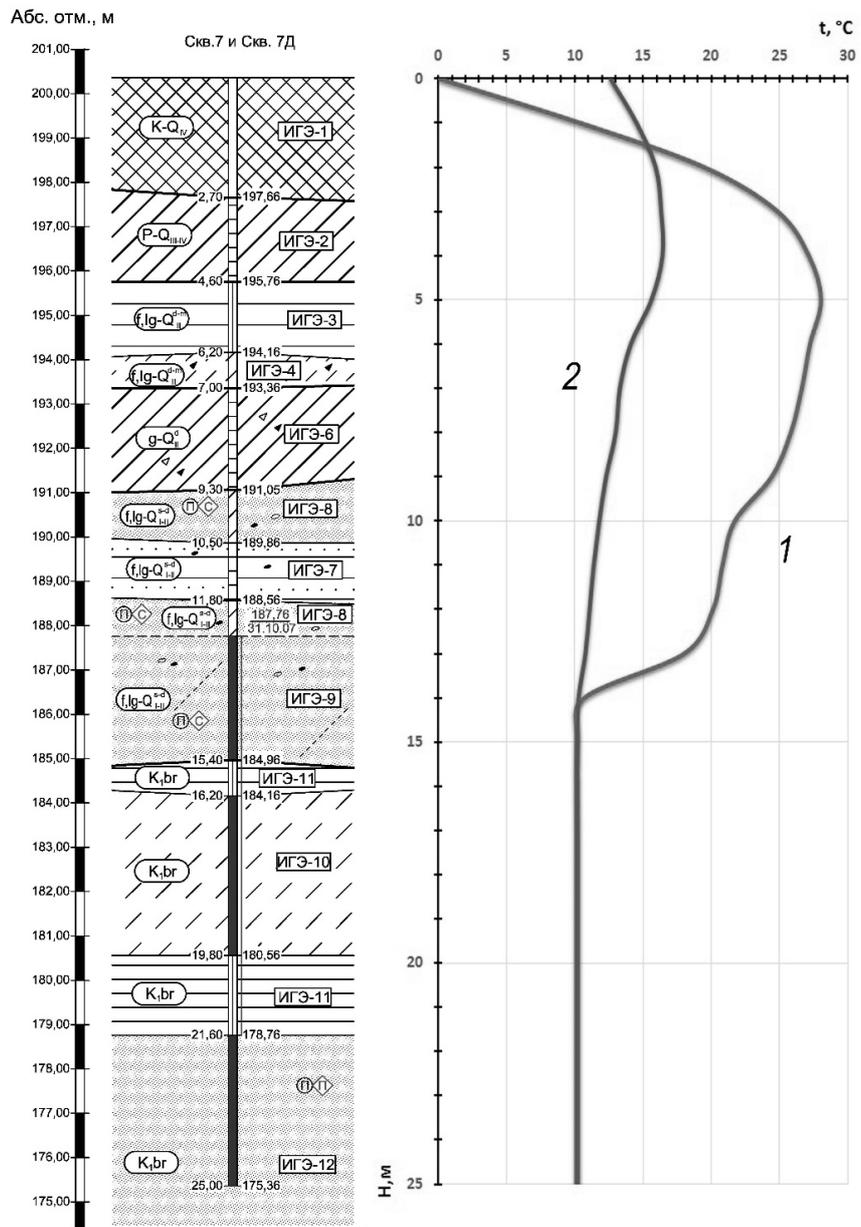


Рис. 1. Геологическое строение и температурные кривые в скважинах №7 и №7Д на площадке по улице Ясногорская, влад.21: 1.

Температурная кривая в скважине №7 по замерам 10.12.07 г. при температуре воздуха на поверхности земли $-4,2^{\circ}\text{C}$; 2. Температурная кривая в скважине №7Д по замерам 20.08.12г. при температуре воздуха на поверхности земли $+12,6^{\circ}\text{C}$

В августе 2012 года по инициативе Заказчика нами были проведены геотехнические исследования на площадке по адресу: ул. Ясногорская, вл. 21 для выяснения причин неравномерной деформации фундаментной плиты под построенным 18-этажным зданием перед его государственной приемкой в эксплуатацию. Силами ООО НПФ «СИВС» было пробурено две скважины глубиной до 25 м в непосредственной близости от здания со стороны максимальных его осадок и выполнены 4 точки статического зондирования грунтов на установке ФУГРО. В одной из скважин №7Д, пробуренной в 2-х метрах от скважины №7, были проведены замеры температуры грунтов до глубины 25 м.

Таблица 1

Изменение физико-механических свойств грунтов в процессе перестройки температурного поля на площадке по ул. Ясногорская, вл. 21

Но- мер ИГЭ	Мощ- ность слоя, м	Геоло- ги- ческий ин- декс	Описание грунта	Плот- ность ρ , г/см ³		Природная влажность W, д.е.		Кoeffи- циент пористости, e		Модуль деформации E, МПа (по результатам статического зондирования)		
				*	**	*	**	*	**	ул. Ясногорская		ул. Тарус- ская
										*	**	
2	0,9-2,4	PrQ _{III-IV}	Суглинок тяжелый пылеватый, тугопластич- ный	1,99	2,00	0,223	0,242	0,668	0,687	18	10	20
3	0,0-1,9	f,lgQ _{II}	Глина легкая пылеватая, тугопластич- ная	2,03	2,03	0,229	0,253	0,659	0,678	21	13	-
4	0,0-3,0	f,lgQ _{II}	Супесь пылеватая, пластичная	2,01	2,04	0,205	0,227	0,605	0,617	25	17	27
5	0,0-3,4	f,lgQ _{II}	Песок мелкий, средней плотности, средней степени водо- насыщения	1,86	1,87	0,151	0,158	0,643	0,650	29	30	-
6	0,0-3,2	gQ _{II} ^d	Суглинок тяжелый песча- нистый, полу- твердый	2,15	2,14	0,139	0,196	0,445	0,507	27	13	27
6а	0,0-2,0	gQ _{II} ^d	Суглинок тяжелый песча- нистый, мягко- пластичный	2,10	-	0,199	-	0,547	-	13	13	-
7	1,2-7,6	f,lgQ _{II} ^{s-d}	Песок пылеватый, средней плотности, насыщен- ный водой	2,02	-	0,235	-	0,614	-	35	37	35

Примечание. Нормативные значения параметров:

* – на период изысканий; ** – через 2 года после начала строительства.

Анализ материалов основных изысканий и проведенных через 4,5 года дополнительных исследований позволяет заключить, что изменение температуры грунтов основания за 2 года после ликвидации теплотрассы в пятне застройки и в процессе строительства привело к существенному изменению физических и механических свойств грунтов основания (см. таб. 1). При этом песчаные грунты практически не отреагировали на эти изменения. Глинистые грунты, как показано в таблице, изменили свое состояние и, соответственно, свои деформационные свойства. Так значения модулей деформации покровных и озерно-ледниковых суглинков и глин в интервале глубин от 2,7 до 6,2 м уменьшились в 1,6-1,8 раза при увеличении влажности на 1,9-2,4% соответственно. Значения модулей деформации ледниковых суглинков, залегающих в интервалах глубин 7,0-9,3 м, уменьшились в 2 раза по сравнению с первоначальными значениями, определенными до начала производства строительных работ, при этом влажность моренных суглинков увеличилась на 5,7%. Следует отметить, что температура грунта в интервале глубин 7,0-9,3 м изменилась на 14,2-14,8 °С. Таким образом, можно заключить, что, в связи с изменением температурного поля грунтов, в данных инженерно-геологических условиях понижение температуры анализируемых суглинков и глин на 1°С приводит к уменьшению значений их модулей деформации на 0,7-1,0 МПа.

Выводы

1. Специфика городских условий определяется существенными различиями температурных полей в приповерхностных грунтовых толщах, когда пространственная и временная изменчивость температурных полей в грунтах может достигать десятков градусов.

2. Перестройка температурного поля в грунтах после ликвидации на участках изысканий теплоносителя в период до подачи тепла во вновь построенное сооружение может приводить к существенному изменению влажностного режима глинистых грунтов, их состояния и, соответственно, их деформационных свойств.

3. Согласно данным, полученным в процессе изысканий на Ясногорской ул., влад.21, можно заключить, что понижение температуры глинистых и суглинистых грунтов на каждый 1°С после ликвидации теплотрассы, привело к уменьшению значения их модулей деформации на 0,7-1,0 МПа.

4. Отсутствие в действующей нормативной документации по инженерно-геологическим изысканиям требований термометрических исследований грунтов в городских условиях, с нашей точки зрения, недопустимо, так как лишает изыскателей возможности прогнозирования изменения прочностных и деформационных свойств глинистых грунтов при изменении температурного режима на застраиваемых территориях.

Литература

1. *Богословский В.И.* Основы теории потенциала влажности материала применительно к наружным ограждениям оболочки зданий / Под ред. В.Г. Гагина; Мин. образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет». Москва: МГСУ, 2013. 112 с.
2. *Злочевская Р.И., Королев В.А.* Электроповерхностные явления в глинистых породах. М.: Изд-во МГУ, 1988. 177 с.
3. *Кашиперюк А.А., Кашиперюк П.И., Потапов А.Д., Потапов И.А.* Особенности температурного режима грунтов в г. Москве и его влияние на инженерно-геологические свойства активной зоны оснований сооружений // Вестник МГСУ. 2013. №3. С. 88-97.
4. *Королев В.А., Фадеева Е.А.* Сравнительный анализ термовлагопереноса в дисперсных грунтах // Инженерная геология. 2012. №6. С. 18-31.
5. СП47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. М.: Минрегион России, 2012. 109 с.
6. Теоретические основы инженерной геологии // физико-химические основы / Под ред. Е.М. Сергеева. М.: Недра, 1985. 288 с.

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ИСТОРИЧЕСКИХ ЛИТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В СИСТЕМЕ ИХ МОНИТОРИНГА

В.А. Королев, Н.В. Кузнецова

Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, кафедра инженерной
и экологической геологии. E-mail: ndemina2006@yandex.ru

Исторические здания представляют собой особый объект для мониторинга. На протяжении всей истории их существования происходит взаимодействие между технической (строительной) подсистемой исторического здания и геологической средой (геологической подсистемой), в результате чего формируются особые литотехнические системы – историко-культурные литотехнические системы (далее по тексту – ИЛТС). Под ИЛТС нами понимаются целостное естественно-искусственное образование, представленное техническими объектами, являющимися особо ценными в историческом и культурном отношении зданиями, сооружениями и их ансамблями, имеющими возраст более 100 лет, взаимодействующими друг с другом и геологическими массивами.

Важными особенностями, выделяющими их среди прочих литотехнических систем города, являются длительное время существования и особый статус технической подсистемы, определяющий ориентацию управляющих воздействий на сохранение памятников истории и культуры.

Существует большое количество подходов к определению устойчивости системы. Наиболее часто под такой устойчивостью понимают способ-

ность системы выполнять свои функции в тех или иных условиях [3]. Исходя из этого под устойчивостью функционирования ИЛТС нами понимается её способность выполнять свои функции (культурные, просветительские, исторические, воспитательные, религиозные и т.п.) с заданными показателями качества в меняющихся со временем условиях окружающей среды.

Устойчивость ЛТС может оцениваться в пространстве и во времени. Поскольку функции ИЛТС многообразны, то это определяет множество видов функциональной устойчивости ИЛТС. Так, например, под *пространственной устойчивостью* подразумевается выдержанность связей между отдельными элементами системы [2]. Временной аспект находит отражение в повторяемости (цикличности) процессов происходящих в системе – *временной устойчивости* [1]. Под *механической устойчивостью* предлагается понимать физико-механическую стабильность отдельных компонентов системы при внешних воздействиях различной природы, в том числе техногенных. Показателем механической устойчивости функционирования может считаться характер горизонтальных и вертикальных перемещений системы и ее компонентов друг относительно друга (режим, знак, скорость, цикличность и неравномерность деформаций).

Следует отметить, что в существующей практике ведения мониторинга роль инженерно-геологической составляющей в обеспечении функциональной устойчивости здания часто бывает недооценена. На момент возведения исторических зданий как правило не проводились полноценные инженерные изыскания, таким образом, неизвестны исходные инженерно-геологические условия площадки, в связи с чем нарушение устойчивого функционирования ИЛТС, в том числе аварийные деформации, связаны с особенностями геологической подсистемы и изменениям отдельных ее компонентов, которые были недоучтены или не могли быть учтены на момент возведения исторических зданий.

При оценке функциональной устойчивости литотехнических систем следует иметь в виду, что одним из основных возмущающих воздействий по отношению к ним является их техническая подсистема, а также тот момент, что факторы, обуславливающие изначальную устойчивость геологической подсистемы (рельеф, состав, состояния и свойства грунтов, подземные воды) претерпевают существенные изменения в условиях городской среды даже за короткие исторические промежутки времени.

Кроме того, ИЛТС обладают определенной инерционностью, так как способны накапливать результаты возмущающих воздействий, не изменяя своей структуры и (или) функционирования до некоторого момента времени. При этом следует отметить, что исторические литотехнические системы способны к восприятию меньших возмущающих воздействий по сравнению с современными ЛТС (это связано с тем, что возмущающие воздействия накапливались в течение длительного периода времени, существенно превышающего нормативные сроки службы строительных конструкций).

Ключевым элементом ИЛТС являются фундаменты, которые выступают в качестве переходных элементов между надземной частью здания и гео-

логической средой и располагаются в зоне наиболее интенсивных взаимодействий техногенной и геологической подсистем. Для ИЛТС по сравнению с наземными конструкциями диагностика их состояния и ремонт существенно затруднены.

В качестве параметров механической устойчивости сооружения ИЛТС могут быть использованы уровни нагружения грунтов основания и фундаментов, характеризующие способность грунтов и фундаментов воспринимать фактически действующие нагрузки от конструкций здания и выражающиеся отношениями напряжения под подошвой фундамента к величине расчетного сопротивления грунта основания, определяемого в соответствии с формулой 5.7 СП 22.13330.2011, и напряжения в кладке фундаментов к расчетному сопротивлению материала фундаментов, соответственно. Данные показатели учитывают параметры технической подсистемы (глубину заложения, ширину подошвы, материал фундаментов) и показатели физико-механических свойств грунтов основания здания и могут использоваться при мониторинге ИЛТС. Указанные показатели определяются по результатам инструментального обследования ИЛТС (проходки шурфов, обследования наземных конструкций, оценки прочности материалов фундаментов).

В качестве инструмента оценки механической устойчивости ИЛТС в системе их мониторинга можно использовать специальное районирование – выделение в границах ИЛТС (границах здания в плане) следующих участков: а) работоспособного (устойчивого) состояния (уровни нагружения меньше 1); б) находящихся в состоянии предельного равновесия (уровни нагружения составляют 1,0-1,1) и в) перегруженных участков (в пределах которых произошло нарушение устойчивости системы; уровни нагружения больше 1). Величины уровней нагружения определяются в местах обследования ИЛТС, интерполирование может быть осуществлено на основании типизации конструктивной системы (в первую очередь, по времени возведения конструкций, геометрическим параметрам и материалам фундаментов, типам грунтов основания).

Перегруженные участки и участки находящиеся в состоянии предельного равновесия являются зонами существующих или ожидаемых (потенциально возможных) деформаций сооружения ИЛТС. Полученные на основании такого районирования схематические карты механической устойчивости должны быть составной частью обоснования наблюдательной сети мониторинга ИЛТС.

В качестве инструмента для оценки устойчивости ИЛТС к инженерно-геологическим процессам может быть использовано типологическое районирование, позволяющее сопоставлять инженерно-геологические обстановки в пределах исторического города. В пределах исторического центра Москвы типы районов могут выделяться на основании потенциальной опасности проявления карстовых процессов (наличие и мощности глинистого водоупора, перекрывающего карстующиеся породы, величине градиента вертикальной фильтрации, степенью закарстованности известняков), разделение на подтипы может производиться на основании особенностей строения четвертичных

отложений (наличие в разрезе литологических разностей, определяющих предрасположенность к развитию суффозии; наличие глинистых прослоев в насыпных грунтах и песчаных отложениях, на которых могут формироваться воды типа «верховодка»; наличие слабых грунтов в активной зоне сооружения; по глубине залегания уровней подземных вод – предрасположенности площадки к подтоплению).

В ходе осуществления мониторинга с помощью такого районирования можно определять не только текущее состояние ИЛТС, но и прогнозировать его изменения. Определение уровней нагружения укладывается в рамки регламентных работ по контролю за состоянием объектов культурного наследия, которые, согласно [5], должны проводиться один раз в пять лет.

Различные типы функциональной устойчивости ИЛТС, оцениваемые в системе их мониторинга, указаны в табл. 1.

Таблица 1

Функциональная устойчивость историко-культурных литотехнических систем в системе мониторинга

Тип устойчивости	Характеристика оцениваемого качества	Параметры, характеризующие нарушение устойчивости
Пространственная	Способность комплексных ЛТС сохранять связи между отдельными подсистемами в пространстве на всей территории ИЛТС	Нарушение общего пространственного облика ИЛТС
Временная	Способность ИЛТС сохранять во времени свою структуру и назначение	Изменение во времени «траектории движения» системы
Механическая	Физико-механическая стабильность отдельных компонентов системы Способность отдельных компонентов воспринимать фактически действующие нагрузки	Формирование зон концентрации напряжений (перегруженных участков в системе «здание-основание»), деформации конструкций, неравномерная осадка здания и т.п.
Геодинамическая	Устойчивость по отношению к инженерно-геологическим процессам (существующим и потенциально возможным)	Оседания земной поверхности, изменения уровней и химического состава подземных вод, появление оползневых смещений, неравномерные осадки здания и т.п.
Устойчивость внутреннего микроклимата помещений	Стабильность и оптимальность внутреннего микроклимата исторического здания, обеспечивающая сохранность интерьеров, старинных материалов, ценных экспонатов и нахождения в нем людей	Изменение цикличности сезонных миграций влаги в конструкциях, появление протечек, увлажнение и промерзание стен, появление плесени, грибковые поражения и т.п.

Продолжение табл. 1

Тип устойчивости	Характеристика оцениваемого качества	Параметры, характеризующие нарушение устойчивости
Устойчивость исторического облика	Неизменность исторического архитектурного облика и интерьера объекта культурного наследия	Появление объектов нового строительства в границах территории объекта культурного наследия, изменение исторического облика в результате строительства или аварийного состояния элементов памятника

Специфическими видами устойчивости для ИЛТС являются устойчивость внутреннего микроклимата и исторического облика. Все множество устойчивостей системы связано друг с другом. Нарушение одного из видов устойчивостей может повлечь за собой нарушения и других. Оценка устойчивости ИЛТС должна быть учтена при формировании состава наблюдений, проводимых в рамках мониторинга.

Литература

1. Бондарик Г.К. Общая теория инженерной (физической) геологии. М.: Недра, 1981.
2. Дашкевич З.В. К проблеме устойчивости геосистем. Изв. ВГО. 1984. Т. 116. Вып. 3. С. 211-218.
3. Куприянова Т.П. Обзор представлений об устойчивости физико-географических систем. Устойчивость геосистем. М.: Недра, 1983. С. 7-13.
4. Хоситашвили Г.Р. Значение понятие «устойчивости» в инженерной геологии // Геоэкология. 1996. № 6. С. 62-70.
5. Федеральный закон от 25.06.2002 № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов РФ».

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА ОВРАЖНО-БАЛОЧНЫХ СИСТЕМ ВИТЕБСКА КАК ОБЪЕКТОВ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ОПАСНОСТЕЙ

И.А. Красовская, А.Б. Торбенко, А.Н. Галкин

Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»,
210038, Беларусь, г. Витебск, Московский пр-т, 33.
E-mail: galkin-alexandr@yandex.ru

Овражно-балочные системы – характерная особенность рельефа Витебска, в городе линейных эрозионных форм насчитывается порядка 70, а их общая протяженность составляет более 17 км. Длина наиболее крупных оврагов достигает 1200 м, а глубина в приустьевой части – 10-40 м. Структурные элементы овражно-балочных систем находятся на разных стадиях своего развития, большей частью в стадии молодости. Наиболее активны овраги с невыработанным профилем равновесия, образовавшиеся относительно недавно.

Результаты, полученные в ходе полевых исследований авторов в период с 2004 по 2013 гг., позволяют провести анализ современного развития овражно-балочной сети территории Витебска и связанные с ними геоэкологические опасности. В качестве ключевых участков нами были выбраны долины ручьев Дунай и Гапеевский, представляющие собой крупные балки с U-образным поперечным сечением, крутыми и средней крутизны склонами, по дну которых протекают постоянно существующие водотоки с извилистым руслом глубиной до 1 м и шириной до 5 м, со слабо выраженной поймой шириной до 3 м. Для анализа динамики за отправную точку была взята ситуация 1998 г., когда дочерним унитарным предприятием «Витебскгипроводхоз» на территории города проводились комплексные геолого-геоморфологические исследования овражно-балочных систем.

Анализ исследований показал, что за период с 1998 по 2013 гг. произошли существенные изменения в развитии указанных объектов, выраженные в засыпке отдельных участков долин техногенными грунтами, застройке социально значимыми зданиями и сооружениями, увеличении размеров овражных форм (отвершков), накоплении аллювия, захламленности русла стволами деревьев из-за активного проявления русловых, оползневых и суффозионных процессов и т.д. (рис. 1, 2).

Сложившаяся ситуация позволяет говорить о необходимости организации мониторинга овражно-балочных систем. Это обусловлено не только значимостью этих систем в градостроительной деятельности Витебска, но и отсутствием в городе, как и в других населенных пунктах Беларуси, вообще каких-либо наблюдений за развитием различных рельефообразующих процессов, в том числе формирующих овражно-балочные системы.



Рис. 1. Захламленный мусором ручей Гапеевский по улице Правды (июнь, 2013 г.). На заднем плане обнажены аллювиальные отложения



Рис. 2. Оползень на левом склоне долины ручья Гапеевский вблизи мостового перехода по Московскому проспекту (май, 2013 г.).

Под мониторингом овражно-балочных систем мы понимаем систему целенаправленных постоянных наблюдений за овражно-балочными системами, оценки их состояния, прогноза развития и выработки геологически обос-

нованных управленческих решений для оптимизации функционирования этих природно-территориальных комплексов.

Целью создания данного вида мониторинга является установление тенденций развития овражно-балочных систем и на основе этого – принятие управляющих решений по оптимизации функционирования этих систем. Для реализации указанной цели решаются следующие основные задачи: 1) организация наблюдений, получение достоверной и объективной информации о пространственно-временных изменениях состояния и развития овражно-балочных систем; 2) оценка и системный анализ получаемой информации, выявление причин, вызывающих изменения в состоянии и развитии овражно-балочных систем; 3) разработка прогнозов развития данных систем; 4) разработка, анализ эффективности и обеспечение реализации геологически обоснованных управляющих решений по снижению уровня или устранению изменений в состоянии и развитии овражно-балочных систем.

В организационном аспекте мониторинг овражно-балочных систем следует осуществлять по сети специально организованных участков (пунктов) наблюдения и при проведении специального инженерно-геоэкологического обследования территорий. Состав наблюдений должен определяться уровнем овражно-балочных систем, типом возникающих в них экзогенных геологических процессов, масштабами проявлений этих процессов и должен включать комплекс как наземных, так и дистанционных методов исследований. В части показателей, характеризующих развитие долинно-балочных систем территории Витебска необходимы:

1. Изучение геолого-геоморфологических закономерностей и ландшафтно-экологических особенностей развития городской дренажной системы:

- анализ взаимосвязей естественной дренажной сети, проявлений инженерно-геоэкологических и других опасностей на основе полевых (маршрутных), картографических (изучения серии крупномасштабных топографических карт за разные годы), космо-аэрофотоматериалов;
- изучение планового рисунка эрозионной сети для определения особенностей развития локальных форм рельефа на различных морфоблоках и геологических структурах;
- реконструирование овражно-балочных палеокомплексов территории города с помощью историко-геоэкологических методов;
- исследование разрезов склонов и долин крупных эрозионных форм для выявления особенностей напластования горных пород, техногенного материала, определения их мощностей;
- изучение литологического состава горных пород, выполняющих овражно-балочные системы;
- изучение гидрогеологических характеристик и параметров исследуемой территории;
- анализ соответствия геохимических аномалий овражно-балочным системам;
- выявление зон комбинированного действия экзогенных геологических процессов и сопутствующих им геоэкологических опасностей.

2. Изучение влияния инженерно-геологических и геоэкологических особенностей городской территории на эволюцию овражно-балочных комплексов:

– историко-геоэкологическая реконструкция эволюции естественной дренажной сети;

– ландшафтно-экологическая характеристика современного состояния овражно-балочной сети и сопряженных флювиальных форм;

– связь техногенных отложений с проявлением опасных геологических и инженерно-геологических процессов на территории города (оползневые, просадочные, суффозионные процессы);

– анализ приуроченности социально-экологических и медико-экологических проблем населения города к овражно-балочным системам.

Одним из инструментов, позволяющих анализировать современное состояние долинно-балочных систем, обусловленность их развития геолого-геоморфологическими особенностями территории и техногенной нагрузкой в системе мониторинга, являются ГИС-технологии.

Их использование позволяет современными средствами картографирования в геоинформационной системе систематизировать, структурировать, привести в единый формат накопленный при исследованиях материал и собрать его в единую проблемно-ориентированную базу геоданных.

Цифровая модель рельефа, как основной объект изучения при использовании геоинформационных технологий, дает широкие возможности для математических расчетов и ГИС-анализа с использованием базы данных таблиц, привязанных к картографическому материалу.

Основой для создания цифровой модели рельефа долин ручьев Дунай и Гапеевский послужили оцифрованные крупномасштабные (1:2000) топографические планы участка и результаты полевых исследований, проведенных нами в 2004–2013 гг. Исходный цифровой материал обладал определенными недостатками – черно-белое растровое изображение топографических планов и практически полное отсутствие информации о проявлениях экзогенных геологических процессов (обозначены только крупные обрывы и деформации поверхности).

Процесс создания геоинформационной системы «Долины ручьев Дунай и Гапеевский» включал следующие этапы:

1) векторизация растровых данных в среде Easy Trace;

2) введение атрибутивных данных (Z-координаты);

3) нанесение на векторную карту результатов деятельности экзогенных геологических процессов (обрывов, оползней и др.) по состоянию на разные моменты времени;

4) экспорт проекта в Esri ArcGIS 10.0;

5) построение цифровой модели рельефа в ArcScene.

Созданная в результате исследований цифровая модель рельефа предоставила широкие возможности для дальнейшего анализа развития овражно-балочной сети Витебска:

– выполнена трехмерная визуализация рельефа в форме блок-диаграмм и других объемных каркасных (нитяных), полутоновых (светотеневых) и фотореалистичных (текстурированных) изображений, в том числе виртуально-реальностных, например, путем драпировки поверхности рельефа цифровыми космо- или аэрофотоизображениями;

– рассчитаны «элементарные» морфометрические показатели: крутизна и экспозиция склонов;

– проведена оценка формы склонов через кривизну их поперечного и продольного сечений;

– сгенерирована сеть тальвегов и водоразделов и других особых точек и линий рельефа, нарушающих его «гладкость»;

– оценены положительные и отрицательные объемы относительно заданного горизонтального уровня в пределах границ участка;

– построены профили поперечного сечения рельефа по направлению прямой или ломаной линии;

– произведена аналитическая отмывка рельефа;

– оценены зоны видимости или невидимости с заданной точки (точек) обзора;

– построены изолинии по множеству отметок высот (например, генерация горизонталей);

– выполнена интерполяция значений высот, другие трансформации исходной модели (например, осреднение, сглаживание, генерация, фильтрация и т.п.).

Созданная цифровая модель рельефа может послужить хорошим инструментом для более детального обследования территорий долин ручьев Дунай и Гапеевский в городе Витебске, выявления потенциально опасных участков, составления прогнозов роста и развития овражно-балочной сети и обоснования управления ею.

ЦЕНТР ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА г. МОСКВЫ ИДГ РАН

Д.Н. Локтев, С.П. Соловьев, А.А. Спивак

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики геосфер РАН, 119334, г. Москва, Ленинский пр-т, 38. E-mail: spivak@idg.chph.ras.ru

Крупные города занимают особое место во взаимодействии человека с окружающей средой. Формирование городов, как концентраторов населения и разных видов деятельности человека, привело к тому, что среда обитания стала испытывать значительные техногенные нагрузки. Города оказывают сильное влияние не только на изменение естественного ландшафта и гидро-

геологический режим подземных вод и водоемов, повышают загрязненность среды пылью и химическими веществами [2]. В последнее время отдельной нагрузкой на среду стали физические поля – тепловые, электромагнитные, вибрационные и акустические [1, 4].

Развивая исследования, связанные с характеристикой среды обитания в мегаполисах, в ИДГ РАН создан специализированный Центр геофизического мониторинга (ЦГМ) для систематических исследований негативных последствий на среду обитания и инфраструктуру Москвы природных и техногенных факторов [4]. Планируется расширение возможностей ЦГМ на основе использования мобильного комплекса синхронной регистрации геофизических полей [5].

Перечень регистрируемых средств и методик ЦГМ определяется основными особенностями вариаций геофизических полей: сейсмического, электрического, магнитного, акустического [3], а также радоновых концентраций в атмосфере. Дополнительно с целью оценки влияния на геофизические поля осуществляется контроль метеорологических условий. Схема Центра геофизического мониторинга г. Москвы представлена на рис. 1.



Рис. 1. Схема ЦГМ ИДГ РАН г. Москвы

Сейсмические колебания. Регистрация сейсмических и вибрационных колебаний обеспечивается сейсмоприемниками СМ-3КВ (диапазон частот 0,5-40 Гц) и STS-2 (диапазон частот 0,08-20 Гц), размещенными на постаменте в подвальном помещении ИДГ РАН (рис. 2).

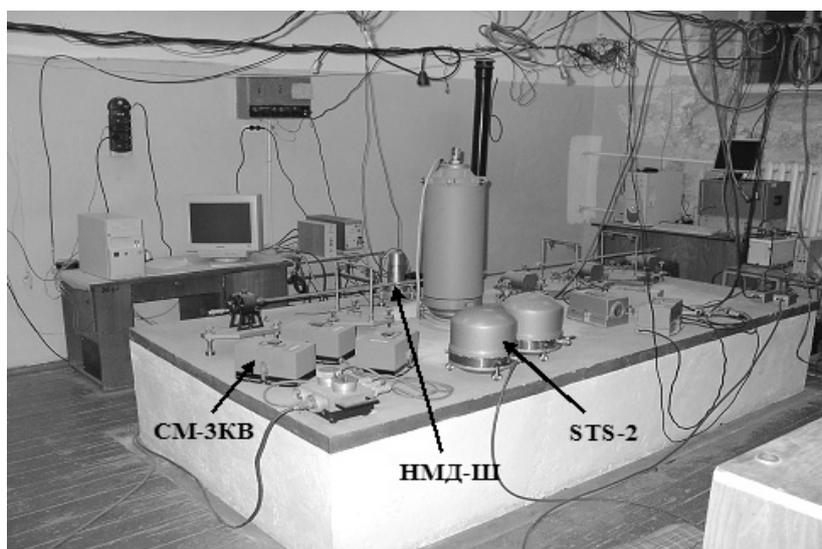


Рис. 2. Расположение датчиков на постаменте в подвальном помещении ИДГ РАН

Электрическое поле в атмосфере. Регистрация вертикальной компоненты электрического поля выполняется с помощью флюксметра ИНЭП, размещенного на специальной площадке, оборудованной на крыше ИДГ РАН (рис. 3).

Модернизированный электростатический флюксметр пригоден для проведения измерений напряженности электрического поля в частотном диапазоне от 0 до 10 Гц с амплитудами от 1 В/м до 5000 В/м. На выходе прибора напряжение изменяется в пределах ± 10 В, что соответствует параметрам большинства аналого-цифровых преобразователей.

С целью устранения неблагоприятного воздействия метеорологических условий (осадки в идее дождя, снега, града) электрометр установлен так, что регистрирующие пластины расположены снизу прибора.

Сейсмические колебания. Регистрация сейсмических и вибрационных колебаний обеспечивается сейсмоприемниками СМ-3КВ (диапазон частот 0,5-40 Гц) и STS-2 (диапазон частот 0,08-20 Гц), размещенными на постаменте в подвальном помещении ИДГ РАН (рис. 2).



Рис. 3. Расположение флюксметра ИНЭП на установочной площадке

Электрическое поле в атмосфере. Регистрация вертикальной компоненты электрического поля выполняется с помощью флюксметра ИНЭП, размещенного на специальной площадке, оборудованной на крыше ИДГ РАН (рис. 3).

Модернизированный электростатический флюксметр пригоден для проведения измерений напряженности электрического поля в частотном диапазоне от 0 до 10 Гц с амплитудами от 1 В/м до 5000 В/м. На выходе прибора напряжение изменяется в пределах ± 10 В, что соответствует параметрам большинства аналого-цифровых преобразователей.

С целью устранения неблагоприятного воздействия метеорологических условий (осадки в виде дождя, снега, града) электрометр установлен так, что регистрирующие пластины расположены снизу прибора.

Акустические колебания. Для регистрации барических вариаций в атмосфере используются микробарометр абсолютного давления МАД-0 (регистрируемый диапазон частот 0-10 Гц) и микробарометр К-304А вариаций абсолютного давления (регистрируемый диапазон частот 0,001-10 Гц), расположенные в подвальном помещении ИДГ РАН. Отдельно выполняется регистрация акустических колебаний в расширенном диапазоне частот, для чего используется измерительный микрофон 4147 совместно с конденсирующим усилителем 2690А-OS2 фирмы Брюль&Кьер (полоса регистрируемых частот 0,05-100 Гц, динамический диапазон 0,01-50 Па).

Метеорологические условия. Регистрация параметров атмосферы выполняется с помощью профессиональной метеостанции Vantage Pro2. Измеряется атмосферное давление, температура и влажность воздуха, количество выпавших осадков, интенсивность солнечного излучения (освещенность в

ультрафиолетовом и инфракрасном диапазоне), скорость и направление ветра, и ряд других параметров.

Наклономерные измерения. С целью регистрации наклонов земной поверхности в условиях мегаполиса используется двух координатный наклономер НМД-Ш, установленный на постаменте в подвальном помещении ИДГ РАН.

Система сбора данных включает комплекс, состоящий из программируемого регистратора RefTek-130-01, профессионального ноутбука и регистраторов Z-048E.

Технические характеристики используемых каналов позволяют регистрировать как природные, так и техногенные возмущения указанных геофизических полей в условиях мегаполиса. Каналы регистрации прошли тестовую проверку и обеспечивают устойчивую непрерывную запись наблюдаемых геофизических полей.

В настоящее время организована постоянная регистрация геофизических полей с формированием баз данных.

Литература

1. Адушкин В.В., Спивак А.А. Мегаполис: проблема геофизических полей // Наука в России. 1995. № 5. С. 65-69.
2. Осипов В.И. Геологические условия градостроительного развития Москвы // Геоэкология. 2006. № 2. С. 99-114.
3. Соловьев С.П., Спивак А.А. Методическое оснащение мониторинга мегаполиса // Динамические процессы в системе внутренних и внешних взаимодействующих геосфер. М.: ГЕОС, 2005. С. 46-53.
4. Спивак А.А., Адушкин А.В., Волосов С.Г. и др. Организация и первые результаты наблюдений за физическими полями г. Москвы // Динамические процессы в геосферах. Вып.6. М.: ГЕОС, 2014. С. 112-121.
5. Спивак А.А., Локтев Д.Н., Соловьев С.П. Мобильный комплекс синхронной регистрации геофизических полей// Динамические процессы в геосферах. М.: ГЕОС, 2010. С. 193-200.

МОНИТОРИНГ ИСТОРИЧЕСКОЙ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «СЕВЕРО-ДВИНСКИЙ ВОДНЫЙ ПУТЬ» В СВЯЗИ С ЕЁ РЕКОНСТРУКЦИИ

В.В. Невечеря

Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе,
117997, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23. E-mail: ozoll91@narod.ru

Действующих судоходных каналов в России совсем немного, их можно перечислить по пальцам одной руки. В их ряду Северо-Двинская гидротехническая система длиной 127 км, построенная в 1828 г. под руководством

герцога Александра Вюртембергского, расположенная на территории Кирилловского района Вологодской области.

В данной работе рассмотрены проблемы создания инженерно-геологического мониторинга на участке верхнего бьефа системы, наиболее интересного и важного с историко-технической точки зрения – здесь, на берегу Сиверского озера расположен Кирилло-Белозерский историко-архитектурный музей заповедник.

Северо-Двинская гидротехническая система является памятником гидротехнического искусства XIX в., большинство ее сооружений (шлюзы, лавы) выполнены из деревянных конструкций, что придает ей историческую ценность. Система не входит в Единую глубоководную сеть Европейской части страны, поэтому, в последнее десятилетие, был поднят вопрос о реконструкции Северо-Двинской гидротехнической системы и приведении ее сооружений в соответствии с параметрами Волго-Балтийского водного пути. Для достижения этой цели необходимо практически перестроить водный путь и поднять уровень воды в системе. В связи с предполагаемой реконструкцией необходимо рассмотреть возможность активизации опасных экзогенных геологических процессов и развития негативных инженерно-геологических процессов на территории, по которой проходит водный путь. Перестройка системы приведет к изменениям инженерно-геологических условий территории, на которой располагаются Кирилло-Белозерский музей-заповедник, районный центр – город Кириллов, а также национальный парк Русский Север.

Для получения исходной информации для прогноза необходимо провести современную оценку инженерно-геологических условий по трассе и окружающей территории, запроектировать сети режимных наблюдений.

Особенность проведения работ на исторических объектах состоит в том, что отсутствует первоначальная информация об инженерно-геологических условиях перед началом строительства, также отсутствуют данные об условиях и динамики развития процессов [1]. По трассе канала отсутствует детальная информация о современных инженерно-геологических условиях. Имеющаяся информация носит региональный характер, она была дополнена рекогносцировочными обследованиями по трассе канала, выполненными в рамках работы студенческой научной экспедиции МГРИ-РГГРУ в 2013-2014 гг. На основании полученных материалов было проведено районирование территории, прилегающей к верхнему бьефу Северо-Двинской системы. В качестве основы для выполнения районирования были выбраны области проявления инженерно-геологических процессов вдоль трассы системы.

Исходя из имеющихся материалов, а также маршрутного обследования было выделено 3 области развития современных инженерно-геологических процессов: область развития процесса подтопления, область развития процесса размыва берегов канала, область развития склоновых процессов.

Результат работ был представлен в виде схематической карты инженерно-геологического районирования трассы Северо-Двинского водного пути. Таблица экспликации к карте представлена ниже.

Экспликация к карте инженерно-геологического районирования верхнего бьефа Северо-Двинского водного пути

Область	Район	Характеристика
1. Развития процесса подтопления	1.1. Залегание УГВ более 0,5 м от поверхности	Наблюдается по берегам озер, и части канала распространён в основном в биогенных отложениях
	1.2. Залегание УГВ менее 0,5 м от поверхности	Наблюдается только вдоль Кишемского канала и Вазеренского озера, представляет собой заболоченную территорию.
2. Развития процесса размыва берегов канала	2.1. Развития размыва берегов канала	Имеет широкое развитие практически на всей протяженности системы, наблюдается в разных по генезису и литологическом составу грунтах.
3. Развития склоновых процессов	3.1. Потенциального развития оползней	Развит на высоких берегах системы, в различных грунтах.

Краткая характеристика выделенных областей и задачи, решение которых необходимо для организации систем мониторинга, приведены ниже.

Область развития процесса подтопления.

Процесс подтопления самый распространенный и наиболее важный инженерно-геологический процесс, наблюдаемый на рассматриваемой территории после строительства гидротехнической системы. В область подтопления попала территория Кирилло-Белозерского монастыря, расположенного на берегу Сиверского озера, которое входит в верхний бьеф гидротехнической системы. В качестве защитных мероприятий 19 века сохранилась валунная набережная у крепостных стен монастыря, выходящих к озеру [1].

Территория, по которой проходит трасса канала, характеризуется низкими высотными отметками, общей заболоченностью и распространением современных болотных отложений.

Область подтопления разделяется по глубине залегания уровня грунтовых вод на 2 района: район, где уровень грунтовых вод залегает на глубине больше 0,5 м от поверхности, и район залегания уровня грунтовых вод на глубине меньше 0,5 метров от поверхности [2].

Задачами исследований для обоснования, организации и проектирования системы мониторинга являются:

1. Уточнение границ области развития процесса подтопления с помощью анализа аэро-космических снимков и маршрутных обследований.

2. Создание гидрогеологической модели процесса подтопления на нескольких наиболее важных участках, прилегающих к трассе канала, в частности на территории Кирилло-Белозерского монастыря. Для этого необходимо создать сеть наблюдательных гидрогеологических скважин для измерения глубины положения уровня грунтовых вод. Гидрогеологические наблюдения дадут возможность провести корреляцию между изменением уровня воды в Северо-Двинской системе и положением УГВ на подтопленной территории.

3. Составление водного баланса территории, для которого необходимо обеспечить получение метеоданных (количество осадков) для этого района.

Область развития процесса разрушения берегов канала.

Процесс разрушения берегов затрагивает в той или иной степени всю трассу канала. Это связано с тем, что берега сложены дисперсными грунтами ледникового, озерно-ледникового и флювиогляциального генезиса, разного литологического состава, относящихся к легкоразмываемым и средней размываемости грунтам [3]. Интенсивность развития процесса разная. Проявлением процесса разрушения берегов канала являются многочисленные оплывины грунтов, отступление кромки берегов, деформации и разрушение шпунтовых стенок. В результате рекогносцировочного обследования выделены наиболее размываемые участки берегов

Для определения скорости и интенсивности развития процесса необходимо:

- провести детальное инженерно-геологическое обследование участков, подверженных наиболее интенсивному размыву. При этом должны быть установлены особенности геологического строения, литологический состав пород, гранулометрический состав и физико-механические свойства грунтов, слагающих берег.

- создать геодезическую сеть наблюдений за отступлением берега по нескольким створам, расположенным на участках, где активнее всего протекает процесс разрушения берегов;

- провести гидрологические исследования, в результате которых будут построены карты глубин каналов и водоемов, входящих в верхний бьеф.

- провести подсчет количества и размеров судов, осуществляющих движение по Северо-Двинской системе для расчета волновой нагрузки на берег.

Полученные данные позволят дать прогноз развития процесса при современной обстановке и после перестройки системы.

Область развития склоновых процессов.

По трассе канала склоновые процессы распространены достаточно слабо в связи с незначительной протяженностью участков высоких склонов. Маршрутное рекогносцировочное обследование не выявило активных оползней по трассе, однако были установлены потенциальные оползневые участки, где наблюдаются небольшие оплывины.

Склоновые процессы и процесс разрушения берегов каналов тесно связаны между собой. В результате подмыва и разрушения берегов активизируются склоновые процессы, поэтому необходимо на выявленных участках потенциальных оползневых склонов проводить регулярные маршрутные обследования для визуальной оценки устойчивости склонов.

Таким образом, проведенное районирование территории верхнего бьефа Северо-Двинской гидротехнической системы и выделение областей развития инженерно-геологических процессов, позволило установить виды режимных наблюдений для каждой области, а также поставить дополнительные задачи исследований, выполнение которых позволит обосновать и спроектировать общую систему мониторинга.

Литература

1. Бондарик Г.К., Пашкин Е.М., Подборская В.О. Отчет по научно-исследовательской теме: «Исследование инженерно-геологических причин деформаций памятников архитектуры Кирилло-Белозерского музея-заповедника». МГРИ, 1989. С 31-46.
2. Бондарик Г.К., Пендин В.В., Ярг Л.А. Инженерная геодинамика. М.: КДУ, 2007. 440 с.
3. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л.: Недра, 1977. 479 с.

К ВОПРОСУ ЭВОЛЮЦИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

И.В. Осика¹, И.А. Глобенко¹, А.Н. Демидкова¹, С.А. Строганов²

¹ ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», Санкт-Петербург, ул. Гжатская, д. 21, тел.: (812) 535-54-45, факс: (812) 535-67-20. E-mail: vniig@vniig.ru

² ИФЗ РАН, Москва, ул. Б. Грузинская, д. 10, стр. 1, тел.: (499) 766-26-56, факс: (499) 766-26-54. E-mail: direction@ifz.ru

Каждый объект гидроэнергетики уникален инженерно-геологическими условиями площадки размещения и техническими решениями гидротехнических сооружений и оборудования. Для оценки состояния грунтового массива и точности прогноза развития инженерно-геологических процессов (ИГП) существенную роль играет учёт вибрационных воздействий и динамических знакопеременных нагрузок, обусловленных режимом эксплуатации ГЭС и ГАЭС. Нагрузки и воздействия объектов гидроэнергетики на инженерно-геологические условия являются существенными, когда речь идёт о крупных ГЭС и ГАЭС. На значительной территории меняется режим ИГП, возникают не характерные ранее для данного региона процессы. [1] Это оказывает влия-

ние на характер и скорость эволюционных изменений территории, в том числе на эволюцию инженерно-геологических условий. Под эволюцией инженерно-геологических условий понимается изменение инженерно-геологических условий, происходящее преимущественно в период строительства и эксплуатации сооружения. В зависимости от инженерно-геологических условий и особенностей сооружений эволюция может происходить быстро, но может охватывать и весь срок существования сооружения и носить необратимый характер [3].

Помимо необходимости поддерживать состояние ГЭС и ГАЭС в границах допустимых взаимодействий, существуют вопросы, относящиеся к развитию теоретических основ инженерной геодинамики. К настоящему моменту времени накоплен значительный объём данных об объектах гидроэнергетики. В последние годы активно внедряются автоматизированные системы мониторинга объектов. Исследования систем мониторинга обнаруживают ряд недостатков в них, что требует актуализации подходов к проектированию систем инструментального контроля ГЭС и ГАЭС. Общая инженерно-геодинамическая концепция организации мониторинга ГЭС и ГАЭС рассмотрена ранее [2].

Таблица 1

Вариации нагрузок от водохранилищ при изменении их уровней на 1 см

Название гидроузла	Река	Изменение нагрузки от водохранилища при подъёме/снижении его уровня на 1 см
Зейская ГЭС	Зея	21,5 – 24,6 млн. т
Бурейская ГЭС	Буряя	3,8 – 6,8 млн. т
Колымская ГЭС	Колыма	3,1 – 4,8 млн. т
Камская ГЭС	Кама	6,8 – 19,8 млн. т
Новосибирская ГЭС	Обь	8,7 – 10,3 млн. т
Загорская ГАЭС	Кунья	около 0,03 млн. т

В табл. 1 приведены данные о величинах изменений нагрузок от водохранилищ при подъёме или сработке уровней на 1 см. На рис. 1-6 рассмотрены вариации уровней водохранилищ для нескольких объектов.

Сопоставляя данные табл. 1 и диапазон изменений уровней, можно констатировать, что эксплуатация гидроузлов обеспечивает весьма значительные нагрузки и воздействия на инженерно-геологические условия. Так для Зейской ГЭС за первое полугодие рассмотренного периода объём воды, перемещённой в результате сработки водохранилища, составил около 16 000 млн.м³. Для Бурейской ГЭС – около 6 800 млн.м³. Для Колымской ГЭС – около 3 100 млн.м³. Для Камской ГЭС – более 9 000 млн.м³. Для Новосибирской ГЭС – более 2 000 млн.м³. Загорская ГАЭС является объектом суточного регулирования, объёмы верхнего и нижнего водохранилищ изменяются на величину около 22 млн.м³ дважды в сутки. Данные исследований подтверждают наличие чёткого отклика грунтового массива на эти нагрузки [1].

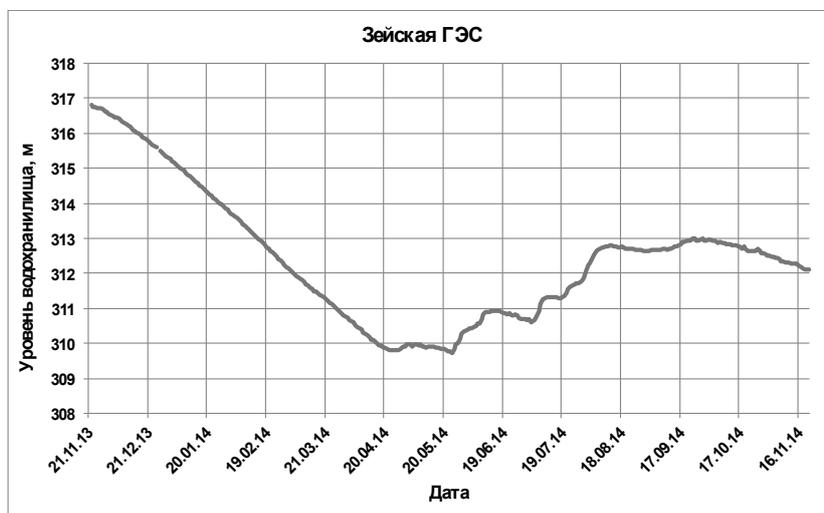


Рис. 1. Уровни водохранилища Зейской ГЭС в период 22.11.2013-21.11.2014.

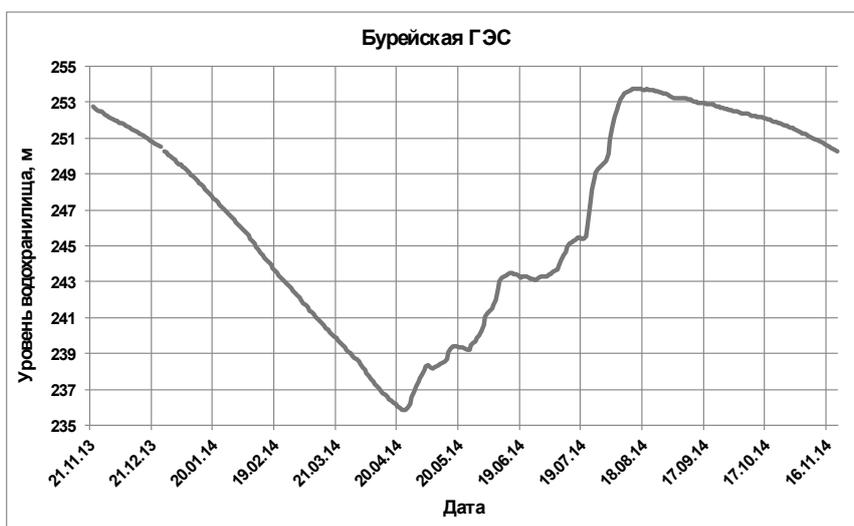


Рис. 2. Уровни водохранилища Бурейской ГЭС в период 22.11.2013-21.11.2014

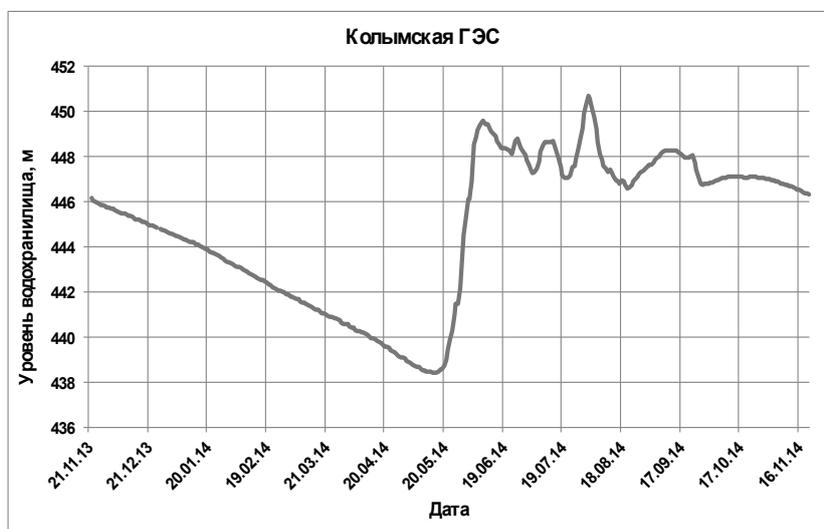


Рис. 3. Уровни водохранилища Колымской ГЭС в период 22.11.2013-21.11.2014

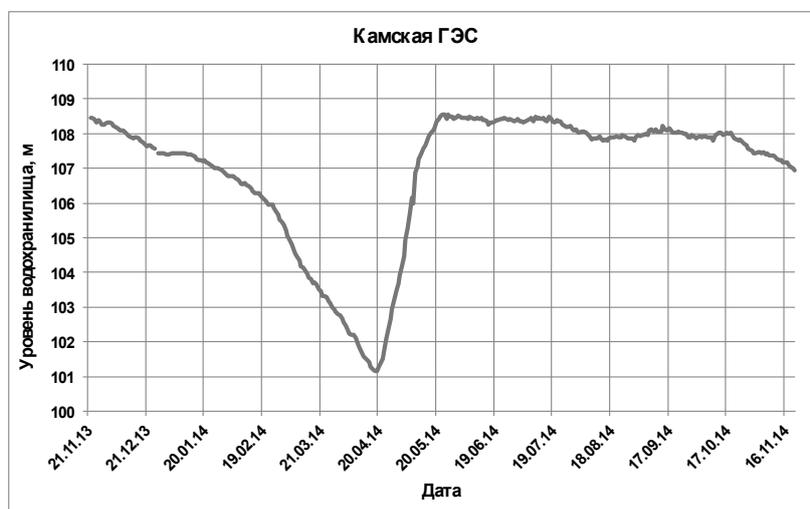


Рис. 4. Уровни водохранилища Камской ГЭС в период 22.11.2013-21.11.2014

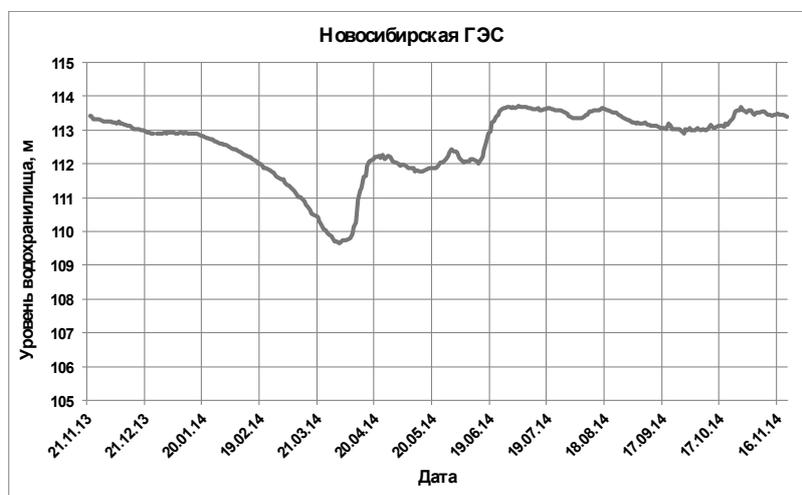


Рис. 5. Уровни водохранилища Новосибирской ГЭС в период 22.11.2013-21.11.2014

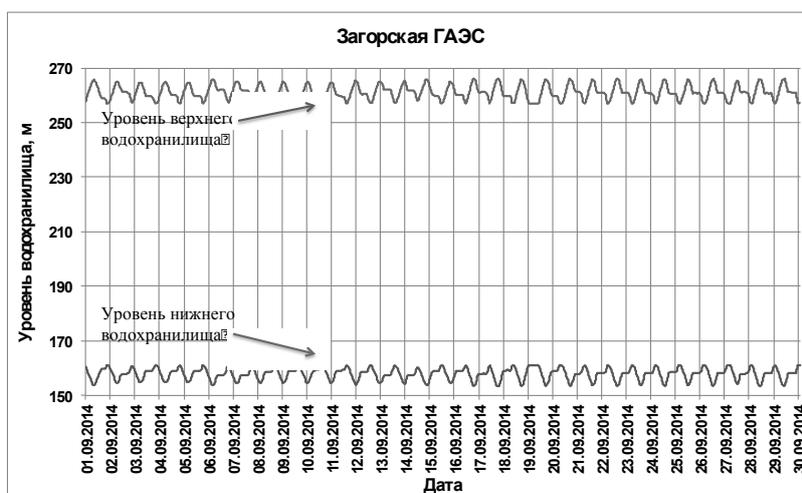


Рис. 6. Уровни водохранилищ Загорской ГАЭС в период 01-30.09.2014

В результате эксплуатации ГЭС и ГАЭС инженерно-геологические процессы в грунтовых массивах имеют свои особенности. Отмечено:

– Изменение напряжённо-деформированного состояния грунтового массива. Возникает в результате перемещений значительных объёмов воды в процессе работы гидроузла. Провоцирует склоновые процессы.

– Изменение вибрационного поля. Работа гидроагрегатов вызывает вибрации как в конструкциях гидротехнических сооружений, так и в грунтовой массе. Необходимо учитывать силу вибрационных воздействий, режим процесса, закономерности распространения вибрационного поля вглубь грунтового массива при прогнозе ИГП. Провоцирует склоновые процессы, уплотнение несвязных грунтов.

– Изменение режима подземных вод. В зависимости от режима эксплуатации гидроузла меняется режим подземных вод, в первую очередь, режим первого от поверхности водоносного горизонта. Провоцирует суффозию, карст, склоновые процессы.

– Изменение базиса эрозии. Местные базисы эрозии, которыми являются уровни водохранилищ, непосредственно влияют на возможность развития инженерно-геологических процессов. Но эти уровни не являются постоянными. Провоцирует абразию, суффозию, карст, склоновые процессы; нарушает тепловой режим грунтов в районах распространения многолетне-мёрзлых пород.

– Возникновение блуждающих токов. Влияет на ресурс железобетонных конструкций, оболочек кабелей, трубопроводов, обсадных колонн скважин (если они металлические). Провоцирует коррозию металлических конструкций, кабелей; способствует химическому выветриванию.

– Наведённая сейсмичность. Провоцирует склоновые процессы и др.

При оценке и типизации характера влияния гидроузлов на инженерно-геологические условия следует учитывать низко-, средне- или высоконапорная ГЭС или ГАЭС; объём водохранилища и полезный объём; на каких грунтах возведён гидроузел (скальные или нескальные грунты); режим работы гидроузла (суточного регулирования, сезонного регулирования и пр.).

В зависимости от параметров нагрузок и воздействий, начальных инженерно-геологических условий и проектных решений ГЭС и ГАЭС, процесс эволюции инженерно-геологических условий будет происходить по-разному. Для повышения точности прогноза состояния гидроузлов, возможности своевременно осуществлять управление их состоянием и обеспечивать эксплуатацию объектов в границах допустимых взаимодействий, необходимы детальные исследования с последующим обобщением и структуризацией данных о скоростях эволюционных изменений инженерно-геологических условий в районах размещения крупных ГЭС и ГАЭС. В перспективе возможна типизация данного вида природно-технических систем по степени их влияния на интенсивность протекания инженерно-геологических процессов, а также разработка комплексной теории инженерно-геологических процессов в грунтовых массивах ГЭС и ГАЭС.

Литература

1. *Осика И.В.* Оценка техногенного воздействия Загорской ГАЭС на геологическую среду. Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013.

2. *Осика И.В.* Разработка инженерно-геодинамической концепции организации мониторинга ГЭС и ГАЭС. // В сб.: Пятое Всероссийское совещание гидроэнергетиков. Сильной России – мощную обновлённую энергетику. М.: РА Ильф, 2013. С. 244-252.

3. Терминологический словарь-справочник по инженерной геологии // Сост. Е.М. Пашкин, А.А. Каган, Н.Ф. Кривоногова; под ред. Е.М. Пашкина. М.: КДУ, 2011. С. 864.

ОПЫТ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ЛОКАЛЬНЫХ ИСТОРИЧЕСКИХ ПТС В МУЗЕЯХ-ЗАПОВЕДНИКАХ РОСТОВА, РЯЗАНИ, КИРИЛЛОВА

В.В. Пендин, Л.В. Заботкина, В.О. Подборская

ФГБОУ ВПО Российский государственный геологоразведочный университет
им. С.Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), 117997, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23.
E-mail: msgpa@msgpa.edu.ru

Мониторинг исторической природно-технической системы (ИПТС) – это целенаправленная система наблюдений за отдельными ее элементами, а также накопления, получаемой информации и прогнозирования изменений состояния ИПТС с целью разработки управляющих решений по сохранению и поддержанию оптимального режима ее функционирования, в том числе и для целей реставрации и реконструкции отдельных ее элементов [1, 2].

Системы мониторинга локальных ИПТС Ростовского и Рязанского кремля, Кирилло-Белозерского монастыря были разработаны по результатам комплексных исследований, проведенных сотрудниками кафедры инженерной геологии МГРИ-РГГРУ (тогда МГГА), под руководством Пашкина Е.М., Невечери В.Л., Романовой Е.И. в 80-90-х годах прошлого века.

Общий подход к историческим комплексам, основанный на теории природно-технических систем, позволил создать системы мониторинга в которых учитывались особенности каждой локальной ИПТС. Главная трудность при организации мониторинга для ИПТС заключается в необходимости учитывать их многовековое существование и адаптацию к внешним и внутренним природным и антропогенным переменным взаимодействиям, произошедшим за это время. Основная цель мониторинга заключается в обеспечении предупреждения развития экстремальных ситуаций в отслеживаемой системе, с целью их предотвращения или локализации.

Рассматриваемые локальные ИПТС входят в один класс по предлагаемой нами классификации исторических природно-технических систем [4]. Они – архитектурные по назначению, обособленные по обустройству, имеют один возраст формирования – более 500 лет, располагаются на территории низкой по интенсивности взаимодействия с техносферой, характеризуются сложным строением подсистемы «Сфера взаимодействия сооружений с гео-

логической средой». По расположению на генетических формах рельефа они различны: Кирилло-Белозерский монастырь находится в зоне развития ледникового и водно-ледникового рельефа, Ростовский кремль – озерного, а Рязанский кремль – флювиального рельефа.

Отдельные режимные сети для наблюдения за различными компонентами ИПТС существовали до начала наших работ. Так, гидрогеологическая режимная сеть в Ростовском кремле была заложена еще в середине 70-х годов XX в. Наблюдения за температурно-влажностным режимом в музейных помещениях проводились постоянно. Однако, это были отдельные виды наблюдений, а мониторинга природно-технической системы в который входят мониторинг окружающей среды, литомониторинг и мониторинг состояния памятников, не было.

В музеях-заповедниках в начале 2000-х годов были созданы службы мониторинга, которые начали претворять в жизнь идеи комплексного мониторинга. Были созданы режимные сети по которым проводились наблюдения.

Состав режимных сетей наблюдений локальных ИПТС приведен в табл. 1.

Таблица 1

Состав режимных сетей наблюдений локальных ИПТС

Локальные ИПТС	Режимные наблюдения			
	Окружающая среда	Подсистема «Памятники»	Подсистема «СВ»	
			Подземные воды	ЭГП и ИГП
Ростовский кремль Рязанский кремль Кирилло-Белозерский монастырь	Наблюдения за внешней T^0 воздуха, водопосты на Сиверском озере, Архирейском пруду, распределение снежного покрова на территории	Наблюдения за Т-В режимом в музейных помещениях. Визуальное конструкторское наблюдение, инструментальные наблюдения по стенным маркам на конструкциях памятников. Микробиологические наблюдения.	Наблюдения за положением уровней подземных вод первых от поверхности водоносных горизонтов.	Сезонное промерзание грунтов в основании памятников, (мерзлотомеры) процесс морозного пучения грунтов, наблюдения за склоновыми процессами.

Наиболее полно и успешно удалось осуществить мониторинг локальной ИПТС в Ростовском кремле [3]. Мониторинг на исторической территории Ростовского кремля функционирует, начиная с 2000 г.

Оценка технического состояния сооружений (Подсистема «Памятники») проводилась по результатам визуального конструкторского обследования сооружений кремля, данным наблюдений по осадочным маркам и раз-

движным маякам, а также материалам обследования состояния фундаментов сооружений. Конструкторские обследования позволили выявить и зафиксировать деформации сооружений, а также намечать места размещения осадочных марок и раздвижных маяков. Сеть наблюдений за деформациями охватила практически все основные сооружения кремля и по данным наблюдений можно проследить динамику развития деформаций.

Результат такой комплексной оценки позволил отметить, что в целом сооружения кремля находятся в удовлетворительном состоянии, несмотря на то что практически все сооружения продолжают испытывать медленную осадку, она происходит преимущественно равномерно, и не вызывает развитие дополнительных напряжений в конструкциях и не провоцирует активизацию трещинообразования. Исключение составляют Часовитная башня, у которой продолжает наиболее интенсивно погружаться южный фасад, что вызывает еще больший крен сооружения и Государские хоромы (Красная палата), у которых зафиксированы существенные большие осадки на западном фасаде здания, по сравнению с остальными. По этим сооружениям необходимо отслеживать динамику развития деформаций и провести дополнительное архитектурно-конструкторское обследование для принятия решения об их возможном укреплении.

Внутренние помещения сооружений в экспозиционных залах, оборудованы системами наблюдения за температурно-влажностным режимом, поддержание которого в оптимальном состоянии эффективно осуществляется сотрудниками службы мониторинга. В экспозиционных залах, архивных и библиотечных помещениях проводятся микробиологические обследования. В помещениях кремля, где отмечается повышенная влажность стен регулярные замеры влажности конструкций и дополнительное микробиологическое обследование позволяют обосновать комплекс охранных мероприятий.

Гидрогеологическая режимная сеть в Ростовском кремле в настоящее время состоит из 12 скважин и одного колодца. Наблюдения проводятся за тремя водоносными горизонтами: первым от поверхности техногенным (по четырем скважинам и колодцу); валдайским (по семи скважинам) и микулинским (одна скважина). Наблюдения за режимом этих водоносных горизонтов обусловлены их влиянием на состояние сферы взаимодействия локальной ИПТС Ростовского кремля. Формирование исторического ядра г. Ростова Великого происходило в условиях высокого положения уровня грунтовых вод, эта же тенденция сохраняется и до настоящего времени. Водонасыщенность грунтового основания памятников архитектуры обеспечивает сохранность деревянных свай в фундаментах и «консервирует» органические артефакты в культурном слое. Поэтому наблюдение за изменением уровня подземных вод имеют особое значение.

Немаловажную экспозиционную роль выполняет ландшафт исторического комплекса кремля, который является также охраняемым объектом. Ландшафт Ростовского кремля претерпел значительные изменения за многовековую историю своего развития, к тому же это наиболее динамичная часть ИПТС и в настоящее время. Однако есть элементы ландшафта, которые в

значительной мере сохранились со времени своего образования это – культурный слой исторической территории и пруд, расположенный в архиерейском дворе. Пруд, местоположение которого уже в течение нескольких веков остается неизменным, безусловно, является доминантой территории двора, несмотря на неоднократные изменения своей формы. Наблюдения за уровнем и качеством воды в пруду проводятся регулярно. Гидрологические наблюдения за изменением положения уровня воды в пруду проводятся по водопосту.

Культурный слой представляет особую историческую и культурную ценность ландшафта архитектурного ансамбля Ростовского кремля. Он испытывает достаточно серьезную техногенную нагрузку со стороны сооружений, для которых он является грунтовым основанием, поэтому изменение происходящие в его состоянии в той или иной мере влияют и на сохранность памятников архитектуры. Помимо этого, он испытывает антропогенную нагрузку, при которой страдает, прежде всего, его приповерхностная часть. В частности, часть культурного слоя была удалена в ходе планировки территории, часть изменена при прокладке коммуникаций, изыскательских и прочих работах. Это неизбежные потери, однако, они могут быть минимизированы, и проходить при контроле археологов и службы мониторинга.

Система мониторинга, функционирующая на территории кремля, имеет большое значение для поддержания стабильности всей исторической природно-технической системы Ростовского кремля.

Результаты многолетних наблюдений и анализ материалов детальных инженерно-геологических исследований, позволили оценить современное техническое состояние всей ИПТС Ростовского кремля, что нашло свое отражение на схематической карте состояния ИПТС. Для всех сооружений отмечены критические границы положения уровня подземных вод, так как понижение ниже этого уровня может привести к разрушению свайного поля, а повышение – к повышенной влажности стен сооружений. Эти критические границы могут служить для оценки происходящих изменений с уровнем подземных вод, особенно при организации дренажных сооружений на территории кремля и по его периметру.

Проделанная работа по созданию систем мониторинга для локальных ИПТС позволяет утверждать следующее.

Необходимость создания систем мониторинга для исторических природно-технических систем очевидна, подтверждена на практике и вводится законодательно [1, 2, 3].

Наибольшие организационные сложности связаны с созданием в отделах мониторинга подразделений, отвечающих за литомониторинг.

Не налаженное взаимодействие отделов мониторинга музеев и специалистов в области инженерной геологии приводит к дискредитации получаемой информации.

Параллельное слежение за состояниями двух подсистем ПТС, и совместный анализ состояния памятников и грунтов основания памятника позволяет прийти к истинной оценке положения и принятию правильных управляющих решений.

Литература

1. ГОСТ Р 55945-2014. Правила инженерно-геологических изысканий (исследований) для сохранения объектов культурного наследия. М.: Стандартинформ, 2014.
2. *Дмитриев В.В.* Мониторинг исторических природно-технических объектов // В сб. К 80-летию кафедры инженерной геологии МГРИ-РГГРУ. Сергиев Посад: Патриарший издательско-полиграфический центр, 2013. С. 56-62.
3. *Заботкина Л.В.* Особенности организации мониторинга локальных исторических природно-технических систем (ИПТС) // В сб. К 80-летию кафедры инженерной геологии МГРИ-РГГРУ. Сергиев Посад: Патриарший издательско-полиграфический центр. 2013. С. 135-140.
4. *Пендин В.В., Заботкина Л.В., Подборская В.О.* Предложения по классификации исторических природно-технических систем // Геология и разведка. 2012. № 3. С. 56-62.

БИОИНДИКАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Ю.А. Шумкина, В.А. Королёв

МГУ, Геологический факультет. E-mail: shumkina7@mail.ru

За многовековую историю деятельность человека привела к глобальным изменениям среды своего обитания. Урбанизация территорий сопровождается глубоким антропогенным изменением природы, заменой естественных экосистем урбосистемами. Ухудшение экологической обстановки урбанизированных территорий требует экологического подхода к решению проблем охраны природы – мониторинга. В практике эколого-геологического мониторинга разработано и широко используется большое количество методов и приемов биоиндикации. Их применение дает прямую информацию о реакции организмов на загрязнение, что позволяет изучать последствие антропогенного воздействия на окружающую среду. Физиологические и биохимические признаки растительных биоиндикаторов позволяют установить нарушения на ранних стадиях антропогенного воздействия на экосистемы.

Кроме того, биоиндикация является одним из надежных методов оценки качества урбанизированных территорий [1, 6].

В настоящее время методика проведения биоиндикационного мониторинга урбанизированных территорий остается все еще не достаточно разработанной. Существует достаточное количество литературы и публикаций, в которых описаны методики проведения биоиндикации. Предприняты лишь единичные попытки применения методов биоиндикации для оценки качества среды. Отсутствие общей методики проведения подобных исследований, а также многообразие биоиндикаторов, отсутствие эколого-геологической

интерпретации результатов затрудняют проведение биоиндикационного мониторинга.

Авторами была предпринята попытка разработать методику проведения биоиндикации и биоиндикационного мониторинга, позволяющего дать оценку эколого-геологического состояния ЭГУ урбанизированной территории на примере ЮВАО г. Москвы.

В качестве объекта исследования изучали верхние горизонты литосферы Юго-Восточного административного округа г. Москвы, как абиотический компонент эколого-геологической системы урбанизированной территории.

Юго-Восточный административный округ является одним из самых загрязненных в Москве. На состояние природной среды влияют предприятия-загрязнители: Капотненский нефтеперерабатывающий комбинат, Люблинский литейно-механический завод, завод «Автофрамос» (бывший АЗЛК), а также крупные автомагистрали (Волгоградский проспект и др.).

Одним из наиболее информативных показателей техногенного загрязнения территории ЮВАО г. Москвы являются грунты, особенно их верхняя часть – почвенный слой. Основная часть металлов поступает в грунты за счет атмосферных выпадений и их распределение в грунтах можно рассматривать как долговременный индикатор степени экологического благополучия или неблагополучия городских территорий. Очаги техногенного загрязнения грунтов в ЮВАО г. Москвы представляют собой избыточную концентрацию в грунтах не одного, а целого комплекса химических элементов.

Кроме того, большинство промышленных предприятий г. Москвы специализируются на металлообработке и машиностроении, приборостроении, радио- и электротехническом производствах, для которых характерна поставка в окружающую среду меди, цинка, свинца, молибдена, вольфрама, кобальта, никеля и ряда других химических элементов.

В качестве объекта биоиндикации использовали тополь бальзамический *Populus balsamifera*. Он широко распространен в Москве, неприхотлив, газоустойчив, хорошо переносит полутьму, листья обладают четко выраженной билатеральной симметрией, что является важным условием осуществления предлагаемой методики. Также в качестве биоиндикатора исследовали травяную растительность, растущую непосредственно под наблюдаемым тополем.

Методика биоиндикации урбанизированных территорий для целей мониторинга проводится в несколько этапов. На первом этапе определяется масштаб исследований, который может включать всю урбанизированную территорию в целом, отдельные административные или промышленные районы, наиболее проблемные городские участки. Выбираются биотопы с различной техногенной нагрузкой. Далее по выбранной территории создается информационная база, производится сбор и систематизация фондовой, опубликованной, административной и статистической информации.

Параллельно выполняется сбор материалов по геологическим, гидрогеологическим, инженерно-геологическим, геохимическим, геофизическим, почвенным и другим природным условиям, формирующим экологические

функции изучаемой геологической среды. Собранные материалы тщательно анализируют, выбирают наиболее информативный древесный биоиндикатор, обладающий билатеральной симметрией.

На исследуемой территории было выделено 5 биотопов с различной техногенной нагрузкой: территории парков (Печатники, Кузьминки-Люблино), жилых микрорайонов, территории общего назначения (спортивный комплекс АЗЛК), автомобильные дороги (Волгоградский проспект), промышленные районы (завод Автофрамос, ЛЛМЗ).

На втором этапе в установленных временных рамках (с мая по сентябрь) осуществляется сбор фактического материала (листовых пластин, почв, травяной растительности) с выбранных биотопов. Затем выполняется подготовка собранного материала для исследований. Листовые пластины высушиваются, обрабатываются для расчета коэффициента симметрии $K_{сим}$ по формуле:

$$K_{сим} = \sum m_m / \sum m_b,$$

где $\sum m_m$ – сумма масс меньших половинок листовых пластин, $\sum m_b$ – сумма масс больших половинок листовых пластин.

По разработанной методике было обработано 210 листовых пластин для расчета коэффициентов симметрии $K_{сим}$ листовых пластин. Наименьшие значения $K_{сим}$ были зафиксированы в рекреационной зоне (парк Печатники), наименьшие – в промышленном районе завода Автофрамос (бывший АЗЛК). По значению $K_{сим}$ все биотопы можно расположить в следующем порядке: парки > территории общего назначения > жилые микрорайоны > автомобильные дороги > промышленные районы.

Все собранные образцы листовых пластин, почв, травяной растительности подвергались спектральному анализу для определения их элементного состава на приборе Спектроскан MAX GV. Для подтверждения существования причинно-следственной связи между $K_{сим}$ и содержанием элементов в почвах были рассчитаны коэффициенты корреляции между этими величинами. Результаты корреляционного анализа между $K_{сим}$ листовыми пластинами и концентрациями элементов в почвах были проанализированы, отсортированы по характеру взаимосвязи: весьма тесная, тесная и слабая. Элементы, обладающие тесной и весьма тесной обратной корреляцией с коэффициентом $K_{сим}$ листовых пластин, использовали для построения оценочных диаграмм [7-10].

Была разработана методика построения оценочных диаграмм, которая заключается в следующем: для каждого биотопа рассчитывают суммарный показатель загрязнения Z_c в каждом месяце; строят графики изменения $K_{сим}$ и Z_c для почв в вегетационном периоде; полученные зависимости аппроксимируют и строят график зависимости $K_{сим}$ от Z_c ; на график наносят градационные уровни $Z_c=8$, $Z_c=16$, $Z_c=32$. Полученный график является оценочной диаграммой экологического состояния экосистем в определенном биотопе. В работе были получены 5 типов оценочных диаграмм: для парков (рекреации), для территорий жилых микрорайонов, для территорий общего назначе-

ния, для территории автомобильных автодорог, для промышленных районов. Наряду с разработанной методикой были построены и проанализированы для сравнения оценочные диаграммы с использованием методики геоэкологической биоиндикации георисков, предложенной Косиновой И.И. и др. (2012) [4].

С помощью данной методики можно проводить биоиндикационный мониторинг любых городских участков, районов или города в целом на основе предложенного метода, описанного далее.

Полученные оценочные диаграммы затем используются для определения состояния эколого-геологических условий изучаемой территории. Для этого с помощью полученных графиков по экспериментальному значению $K_{сим}$ листовых пластин тополя (*Populus balsamifera*) определяется значение Z_c почв и делается вывод о состоянии ЭГУ на изучаемой территории: экологическая норма, экологический риск, экологический кризис, а также об опасности содержания токсичных элементов в эколого-геологических системах [5]. Аналогично используют оценочную диаграмму второго типа (по методике И.И. Косиновой и др., 2012), только в этом случае на оценочный график наносят экспериментальное значение $K_{сим}$ в соответствующем месяце [4].

Согласно оценке с использованием полученных оценочных диаграмм эколого-геологическое состояние исследуемой территории в 2013 году соответствовало экологической норме и экологическому риску с умеренно опасным и опасным содержанием токсичных элементов. Ни в одном пункте наблюдения состояния экологического кризиса зафиксировано не было. Оценочные диаграммы, составленные и обоснованные двумя методами, дают весьма схожую комплексную оценку эколого-геологического состояния городской среды, позволяют наглядно оценивать его динамику, а также позволяют проводить экологический мониторинг городских экосистем.

Для прогнозирования возможных изменений объекта наблюдений будем использовать модель временных рядов. Для прогнозирования значений $K_{сим}$ в следующем вегетационном периоде предполагается использовать программу Microsoft Excel: с помощью функции «предсказание» вычислять теоретическое значение зависимой переменной (в данном случае $K_{сим}$) в фиксированной точке аргумента; либо с помощью использования инструмента анализа «экспоненциальное сглаживание» при рекомендуемой константе сглаживания $a=0,3$.

Функциональная структура биоиндикационного мониторинга на основе вышеописанной методики в общем виде состоит из следующих этапов [1, 2, 3]:

1) определяются пункты наблюдения (СППИНФ): участок, район или территория городской агломерации, испытывающая различную степень техногенной нагрузки, включая полное ее отсутствие;

2) в каждом пункте проводится ежемесячный сбор с мая по сентябрь листовых пластин биоиндикатора;

3) по собранным листьям определяется $K_{сим}$;

4) по вышеописанной методике с использованием оценочных диаграмм и найденных значений $K_{сим}$ ежемесячно проводится оценка состояния ЭГУ

изучаемой территории: экологическая норма, экологический риск или экологический кризис;

5) на основе полученных данных и их динамики во времени, а также опираясь на прогнозную модель (например, модель временных рядов) прогнозируются возможные изменения ЭГУ объекта исследования;

6) принимаются рекомендации и управляющие решения по снижению техногенного воздействия на эколого-геологические системы;

7) затем позиции 2-6 циклически повторяются.

Применение метода биоиндикации в экологическом мониторинге городских агломераций позволит получать постоянно обновляемую информацию об экологическом состоянии исследуемых территорий. Полученные результаты исследований, а именно разработанная методика биоиндикационного мониторинга и полученная эколого-геологическая оценка ЮВАО г. Москвы, в дальнейшем могут быть использованы изыскательскими организациями города для принятия проектных решений; разработанная методика проведения биоиндикационного мониторинга и его результаты могут быть использованы экологическими организациями города при создании системы эколого-геологического мониторинга, а также служить его информационной базой.

Литература

1. *Ашихмина Т.Я.* Экологический мониторинг: Учеб.-метод. пособие. Изд. 3-е, испр. и доп. / Под ред. Т.Я. Ашихминой. М.: Академический Проект, 2006. С. 48-52.
2. *Королёв В.А.* Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем: Учеб. пособие // Под ред. В.Т. Трофимова. М.: КДУ, 2007.
3. *Королёв В.А.* Мониторинг геологической среды // Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 1995.
4. *Косинова И.И., Базарский О.В., Козинцев С.Н.* Методика геоэкологической биоиндикации георисков техногенно-трансформированных территорий // Геориск. 2012. № 3. С. 22-25.
5. *Косинова И.И., Богословский В.А., Бударина В.А.* Методы эколого-геохимических, эколого-геофизических исследований и рациональное недропользование: Учеб. пособие. Воронеж: ВГУ, 2004.
6. *Опекунова М.Г.* Биоиндикация загрязнений. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2004. С. 8-40, 218-225
7. *Шумкина Ю.А.* К методике применение биоиндикации в системе экологического мониторинга городских агломераций // Биодиагностика в экологической оценке почв и сопредельных сред: Тезисы докладов Международной конференции, 2013. С. 247.
8. *Шумкина Ю.А.* Методика определения коэффициента симметрии для целей биоиндикации на городских территориях // Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы, (Молодые в науке): Материалы третьей научно-практической конференции. Воронеж: Цифровая полиграфия, 2013. С. 170.
9. *Шумкина Ю.А.* Методика проведения экомониторинга городских территорий с помощью биоиндикации // Электронный сборник материалов XX Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов 2013». М., 2013.
10. *Шумкина Ю.А.* Применение методики биоиндикации в эколого-геологическом мониторинге городских агломераций // Электронный сборник материалов XXI Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов 2014». М., 2014.

7. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИИ ПРОВЕДЕНИЯ ГАЗОГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В.А. Балакин, Е.П. Труфманова, М.А. Нагорная

ЗАО «Раменский региональный экологический центр», Московская обл., г. Раменское, ул. Нефтегазосъемка. E-mail: vik-mari@yandex.ru

Хорошо известно, что газогеохимические исследования проводятся при наличии на участке проектируемого строительства грунтов, способных генерировать и накапливать экологически опасный биогаз.

Основные задачи газогеохимических исследований, виды связанных с ними работ и методические основы их проведения были изложены авторами в различных публикациях [1, 2, 3 и др.], в том числе в нормативных документах [4, 5, 6, 7].

Многолетний опыт газогеохимических исследований, выполненных специалистами ЗАО «РРЭЦ» более чем на 1200 участках г. Москвы и других объектах, решение опытно-методических задач привели к необходимости усовершенствовать методику и уточнить порядок проведения газогеохимических исследований на разных стадиях освоения территорий.

Основными задачами актуализации существующей методики являются:

- расширение перечня грунтов, для которых характерны процессы биогазообразования, и, следовательно, необходимы газогеохимические исследования, – с уточнением условий постановки газогеохимических исследований;
- выделение основных газогеохимических показателей (для свободного грунтового воздуха) при проведении газогеохимических исследований;
- уточнение видов, объемов работ и масштаба газогеохимической съемки, необходимых для характеристики газогеохимических условий исследуемых участков и территорий на разных стадиях исследований;

- актуализация показателей классификации грунтов по степени газогеохимической опасности;
- введение газогеохимического районирования участков и территорий исследования;
- определение сроков давности газогеохимических исследований.

Рассмотрим каждую из задач.

Расширение перечня грунтов, для которых необходимы газогеохимические исследования, связано, в первую очередь, с общепринятым заблуждением, что процессы образования биогаза происходят только в техногенных насыпных грунтах. Однако, кроме грунтов несанкционированных свалок, полигонов ТБО, площадок размещения осадков сточных вод, к этому перечню также следует относить грунты, загрязненные нефтепродуктами, и природные грунты с повышенным содержанием органического вещества. Среди последних особое место занимают озерно-болотные и аллювиальные отложения с прослоями торфов и грунтов старичных фаций аллювия, использование которых в качестве оснований или вмещающей среды сооружений может потребовать проведения газозащитных мероприятий.

Полевые газогеохимические исследования проводятся *при условиях распространения* на территории проектируемого строительства *техногенных грунтов мощностью более 1,0 м, а также залегания природных отложений с повышенным содержанием органического вещества* разной степени разложения.

Экологически целесообразно проводить газогеохимические исследования и на территориях, прилегающих к большим техногенным объектам (полигонам ТБО, полям фильтрации осадка сточных вод и т.п.), где в грунтовой массе мог сформироваться вторичный источник биогаза, например, по направлению потока подземных вод.

Обоснование *выделения основных показателей*, используемых при газогеохимических исследованиях, связано с изучением на практике преимущественно компонентного состава свободного грунтового воздуха и биогаза, диссипирующего в приземную атмосферу. Выполняя только такие исследования, мы сокращаем время и общие затраты на проведение работ. Результаты этих работ достаточны для решения стандартных (основных) задач газогеохимических исследований.

Длительные и более технически сложные исследования (лабораторные определения газогенерационной способности и газонасыщенности грунтов и грунтовых вод, изучение состава растворенных газов, микрофлоры грунтов и изотопного состава углерода метана и диоксида углерода и другие) должны проводиться при необходимости решения нестандартных задач как общих, так и частных. Например, при выборе общего подхода к рациональному использованию газогеохимически сложных территорий проектируемой городской застройки (и способов их рекультивации), а в частности – при выявлении источников поступления биогаза в грунтовые толщи.

Уточнение *порядка проведения и масштабов газогеохимических исследований*, достаточных для характеристики газогеохимических условий исследуемых территорий,

дуемых объектов, связано, в том числе, с ограничениями использования портативных приборов и желанием сокращения объемов работ при сохранении информативности полученных результатов.

Масштабы проведения газогеохимической съемки определяются стадией проектирования и основными задачами газогеохимических исследований и в целом не должны быть мельче 1:5000, иначе результаты съемки становятся неинформативными.

Основной задачей предпроектной стадии является поиск и оконтуривание в плане на территории проектируемой застройки газогеохимических аномалий. Для этой стадии масштаб исследований составляет 1:2000-1:5000. При этом проводится шпуровая съемка по сети опробования 20х20 м при площади участка исследования менее 1 га и 20х50 м – при площади более 1 га.

Для поиска и оконтуривания биогазовых аномалий, и уточнения сети опробования допускается использование портативных полевых приборов (газоанализаторов). Шпуровое опробование *в пределах выделенных аномалий* предусматривает отбор газовых проб для определения компонентного состава грунтового воздуха исключительно в лабораторных условиях методом газовой хроматографии. Это необходимо для изучения структуры газового поля и определения стадии биогазообразования (по соотношению отдельных компонентов биогаза в свободном грунтовом воздухе).

На предпроектной стадии изысканий предусматривается поглубинный отбор проб газа из *опорных скважин* – для лабораторного газохроматографического анализа. Количество скважин определяется из расчета 4 скважины на 1 га площади. Над опорными скважинами и в пределах выделенных аномалий (в шурфах глубиной не менее 0,4 м) проводится эмиссионная съемка.

Основная задача проектной стадии – уточнение границ газогеохимических аномалий и установление вертикальной газогеохимической зональности грунтовой толщи для районирования территории проектируемого строительства по степени газогеохимической опасности. Для этой стадии масштаб исследований составляет 1:500-1:2000.

На территориях (участках) распространения техногенных грунтов мощностью более 2,0 м либо при наличии природных отложений, содержащих органическое вещество разной степени разложения проводятся скважинные газогеохимические исследования в габаритах проектируемых зданий и сооружений. На территории, прилегающей к проектируемым сооружениям, при мощности насыпи менее 2,5 м выполняют шпуровую газовую съемку – для выявления приповерхностных биогазовых аномалий (на глубине 0,8-1,0 м). При мощности насыпных грунтов более 2,5 м на всей территории проводят, преимущественно, скважинные газогеохимические исследования с поинтервальным отбором проб.

Шпуровая съемка проводится по сети опробования 20х20 м при площади участка исследования менее 1 га и 20х50 м – при площади более 1 га. Скважинное газогеохимическое опробование проводится более чем в 75% от общего количества инженерно-геологических скважин, заложенных по сетке 25х25 м при площади участка исследования менее 1 га, и в 50-75% от общего

количества инженерно-геологических скважин – при размерах участка более 1 га. Эмиссионная съемка осуществляется в каждой 5-ой скважине, используемой для газогеохимического опробования.

При определении *эмиссии биогаза* из грунтовой толщи, в зависимости от литологического состава грунтов количество газовых проб (из каждого накопительного колпака) может быть сокращено с 5 до 3 и, соответственно, уменьшено время экспозиции. Это возможно при существенно песчаном составе насыпной толщи.

На стадии строительства масштаб исследований составляет 1:500. Шпуровая съемка выполняется по индивидуальной программе (в зависимости от задач исследований), эмиссионная съемка – в пределах выделенных аномалий, в шурфах глубиной не менее 0,4 м. Газогеохимические исследования проводятся в основном для оценки качества удаления опасных грунтов из котлованов и коммуникационных траншей и для оценки эффективности выполненных газозащитных мероприятий.

Газогеохимическое состояние грунтов оценивается по содержанию основных компонентов биогаза в грунтовом воздухе [7]. *Критерии оценки степени газогеохимической опасности грунтов*, в основном, не изменены (табл.). Степень газогеохимической опасности определяется максимальными содержаниями хотя бы одного компонента биогаза в грунтах.

Таблица

Классификация грунтов по степени газогеохимической опасности

Степень газогеохимической опасности грунтов	Объемная доля компонента, % об.			
	CH ₄	CO ₂	H ₂	O ₂
Безопасные	< 0,1	< 1,0	< 0,1	≥ 18,0
Потенциально опасные	0,1-1,0	1,0-5,0	0,1-1,0	< 18,0
Опасные	> 1,0	> 5,0	> 1,0	< 18,0
Пожаро- и взрывоопасные	≥ 5,0	–	≥ 4,0	–

В современной классификации грунтов основными показателями, определяющими степень газогеохимической опасности, являются концентрации метана и водорода (пожаро- и взрывоопасные грунты выделяются по концентрациям метана и водорода). При этом содержание диоксида углерода рассматривается как дополнительная характеристика их газогеохимического состояния (экологически значимая). Следовательно, при высоких концентрациях метана и молекулярного водорода содержания диоксида углерода и кислорода не являются определяющими, и их численные концентрации следует убрать из классификации (табл.).

Газогеохимическое районирование территории проектируемого строительства проводится по степени опасности насыпных грунтов на основе карт-схем изолиний максимальных концентраций в грунтовом воздухе метана, диоксида углерода, водорода и минимальных содержаний кислорода с учетом условий залегания газогенерирующих и газосодержащих грунтов. По резуль-

татам газогеохимического районирования территории исследований следует относить к:

- неопасным (при безопасных концентрациях компонентов биогаза в грунтах);
- потенциально опасным (при наличии локальных аномалий с потенциально опасными и опасными содержаниями метана и/или молекулярного водорода в грунтах);
- опасным (при наличии локальных и/или площадных аномалий с опасными содержаниями метана и/или молекулярного водорода в грунтах);
- чрезвычайно опасным (при наличии обширных аномалий с пожаро- и взрывоопасными содержаниями метана и/или молекулярного водорода в грунтах).

Результаты газогеохимического районирования являются итогом выполненных исследований и служат основой для принятия решения о рациональном использовании изучаемых территорий под городское строительство.

Газогенерирующие грунты – это сложная динамическая система, поэтому ориентировочными *сроками давности материалов* газогеохимических исследований предлагается считать 3 года вне зависимости от стадии и интенсивности освоения исследуемых территорий.

Газогеохимические исследования на территориях проектируемого строительства делятся на 2 больших этапа [2]. Первый этап проводится на стадии инженерно-геологических изысканий в целях оценки газогеохимического состояния и степени опасности грунтов и территорий в целом – для решения вопроса о вторичном использовании грунтов, извлекаемых при строительстве на дневную поверхность, и получения показателей для разработки мероприятий по биогазовой защите зданий и сооружений.

Второй этап газогеохимических исследований осуществляется после принятия Заказчиком и проектировщиками решения об объемах удаления опасных грунтов с участка строительства (из котлованов и коммуникационных траншей) и принятия конструктивных решений по подземным частям зданий и сооружений. Результатом второго этапа работ являются Рекомендации по биогазовой защите проектируемых зданий и сооружений, составленные на основе математического моделирования процессов миграции биогаза во вмещающих грунтовых толщах и возможного его накопления в заглубленных замкнутых пространствах (емкостях).

Литература

1. Балакин В.А., Труфманова Е.П. Газогеохимические исследования при инженерно-экологических изысканиях // Инженерные изыскания. 2011. № 4. С. 18-21.
2. Балакин В.А., Труфманова Е.П., Нагорная М.А. Теория и практика газогеохимических исследований для разработки нормативной документации // Мат-лы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Сергеевские чтения. Вып. 12. М.: РУДН, 2010. С. 241-145.

3. Балакин В.А., Труфманова Е.П. Три подхода к освоению под строительство территорий распространения газогенерирующих насыпных грунтов // Мат-лы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Сергеевские чтения. Вып. 8. М.: ГЕОС, 2006. С. 154-156.
4. Инструкция по инженерно-геологическим и геоэкологическим изысканиям в г. Москве. М.: ГУП «НИАЦ», Правительство Москвы, Москомархитектура, 2004.
5. Материалы по проектированию зданий и сооружений в районах распространения газогенерирующих насыпных грунтов на территории г. Москвы. М.: Правительство Москвы, Москомархитектура, Моспроект-1 и др., 1992.
6. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. Госстрой России. М., ПНИИИС Госстроя России, 1997.
7. СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. СНиП 11-02-96 Актуализированная редакция. М.: Минрегион России, 2012.

ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И КОМПЛЕКСНОСТИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ МЕТРОПОЛИТЕНА КАК КЛЮЧЕВОГО ЭЛЕМЕНТА РАЗВИТИЯ ГОРОДСКОГО ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА (ПРИМЕР МОСКВЫ)

В.Л. Беляев

Национальное объединение изыскателей 129090, г. Москва,
Большой Балканский пер., д. 20, стр. 1. E-mail: iziskately@mail.ru
ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»,
129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26. E-mail: gseb@mgsu.ru

Затруднения в проектировании и строительстве объектов московского метрополитена, а также крупнейшая авария летом 2014 г. вынуждают обратиться к вопросам безопасности в данной сфере. В частности, 12.11.2014 вопрос был вынесен на заседание Объединенного НТС по вопросам градостроительства столицы с попыткой свести обсуждение к одному, пусть и важному аспекту – выполнению мониторинга и научно-технического сопровождения проектирования и строительства объектов. В ходе последующего рассмотрения вопроса сформированной рабочей группой ОНТС выяснено, что проблема безопасности носит комплексный характер и связана с системными недостатками в госуправлении пространственным развитием, прежде всего, на федеральном уровне.

Мировой опыт показывает прогрессивность комплексного развития городского подземного пространства (далее – РГПП) именно на основе инфраструктурного каркаса метрополитена как направления обеспечения устойчивого (безопасного и комфортного) развития города. Российские города, включая Москву, отстают в темпах и комплексности РГПП. При предельной

интенсивности использования сетей метрополитена Москвы их удельная плотность пока значительно ниже, чем в ведущих городах мира.

Если говорить о безопасности среды жизнедеятельности, то она зарождается при градостроительном проектировании, составляющем функциональную основу государственного пространственного развития. Эффективность принятия решений при этом существенно выше, потому что масштабнее уровни геологических и иных рисков, а, следовательно, и возможности их снижения путем рационального размещения территорий и объектов капитального строительства, включая сооружения метрополитена.

В ходе реформирования как градостроительной деятельности, так и технического регулирования данный вопрос остается в тени. Он концептуально недостаточно изучен, отсутствуют унифицированные методики оценки опасности территорий, непосредственное применение к ним стандартных методик оценки и менеджмента риска затруднительно. Как следствие – отсутствие технических регламентов планировочной безопасности и возможности проведения экспертизы. Не создан механизм регулирования допуска на рынок планировочных услуг.

Еще ярче проблема проявляется в области РГПП, в том числе при размещении объектов метрополитена. Последние являются объектами капитального строительства регионального значения, а, следовательно, и объектами градостроительного проектирования. Большинство из них относится к нетиповым линейным объектам, подпадающим под особый механизм регулирования градостроительной деятельности (проекты планировки и межевания территории взамен градостроительных регламентов и ГПЗУ). Они также относятся к категории особо опасных и технически сложных, а чаще всего и уникальных объектов со сроком службы 100 и более лет, к которым применяются более жесткие нормы проектирования, строительства, требования о проведении процедур оценки соответствия (экспертизы, надзора, приемки) на федеральном уровне¹.

Решающую роль в такой оценке играют документы по стандартизации, эффективность которых оставляет желать лучшего. Парадоксально, что актуализированные в массовом и спешном порядке редакции СНиП (Своды правил) до сих пор не носят обязательного характера. Поэтому нормы СП по планировке, СП по инженерным изысканиям не могут, например, применяться при экспертизе. Актуализация проходила, чаще всего без достаточного обоснования, многие нормы оторваны от правовых требований безопасности, переключались из устаревших СНиП². В то же время, территориальные нормы (в Москве – МГСН, комплексно регулирующие и вопросы безопасности), а также региональные инструктивно-методические документы оказались вне правового поля. Некоторые значимые СП (по проектированию метрополите-

¹ Показательно, что эти федеральные полномочия временно делегированы правительству Москвы.

² Например, в части длины перегонных тоннелей метрополитенов, в разы превышающей зарубежные аналоги.

нов, инженерным изысканиям и др.) сохранили идеологию «обоснований инвестиций» и «предварительного согласования размещения объекта» не предусмотренную ГрК РФ. Ряд СП для объектов, непосредственно связанных с метрополитеном (например, ТПУ) вообще отсутствует.

Особое место в обеспечении безопасности в области градостроительства занимает институт инженерных изысканий (далее – ИИ), который в соответствии со ст. 1 ГрК РФ должен обеспечивать обоснование как градостроительного, так и архитектурно-строительного проектирования. Однако и здесь заметен нормативный перекося (нивелирование роли ИИ при генпланировании, пробел на уровне планировки территории). Специальный СП по ИИ для РГПП также не разработан.

Вопросы комплексности планирования и проектирования РГПП и обеспечения безопасности урегулированы крайне слабо (ТПУ и другие подземно-наземные комплексы на базе объектов метрополитена, системное использование городами подземных водных и георесурсов, геоматериалов). В этих условиях в Москве вынуждены при проектировании значимых объектов штучно получать специальные техусловия или финансировать подготовку федеральных СП.

При неэффективном федеральном контроле соблюдения законодательства о градостроительной деятельности сохраняется несоответствие ряда норм градостроительного законодательства Москвы нормам ГрК РФ. Так возможность разработки «предпроектных предложений по трассировке линий и размещению объектов метрополитена» позволяет на практике вне процедуры градостроительного проектирования уточнять местоположение объектов, утвержденное Генпланом (Законом города Москвы) и даже проектировать не предусмотренные Генпланом линии. Безусловно, из-за неполноты материалов по обоснованию не все трассы метрополитена выбраны Генпланом удачно, на что, например, обращают внимание такие ведущие инженеры-геологи как В.И. Осипов, Е.М. Пашкин. Не разработаны и детализирующие Генплан отраслевые схемы линейных объектов транспортной инфраструктуры¹. Однако это не оправдывает практику отступлений от Генплана, так как она противоречит духу и букве ГрК РФ.

Желание экономии бюджетных средств путем отказа от проведения ИИ характерна для градостроительного проектирования на присоединенных территориях, где изученность инженерно-геологических и иных природных условий явно недостаточна для принятия безопасных решений². В нарушение ГрК РФ она наблюдается и при планировке территории линейных объектов

¹ Наличие таких схем не предусмотрено ГрК РФ и является одной из особенностей (часто критикуемых) ГрК Москвы.

² К такой псевдоэкономии видимо следует отнести и введенный правительством Москвы мораторий на проектирование сооружений метрополитена как объектов двойного назначения, хотя необходимость их использования и как защитных сооружений предусмотрена федеральными нормами ГО и ЧС, а целесообразность этого в новых геополитических условиях России становится очевидной.

метрополитена¹. Проведение таких ИИ нельзя отождествлять, например, с тотальным бурением скважин. В большинстве своем ИИ ограничатся сбором, анализом и обобщением имеющейся информации. Однако для этого положение о Геофонде города Москвы необходимо привести в соответствие порядку создания и ведения геофонда материалов и данных ИИ и требованиям к составу и содержанию работ, осуществляемых в ходе ИИ для подготовки документации по планировке территории, которые должны быть приняты в 2015 году на федеральном уровне².

Уровень доступности и полнота информационных ресурсов, обеспечивающих градостроительную деятельность на территории Москвы также оставляют желать лучшего. Так ИСОГД (ИА ИСОГД) города содержит по сути, только метаданные о результатах ИИ, сами результаты хранятся в Геофонде и выдаются на коммерческой основе³. В то же время приказ Москомархитектуры о порядке выполнения ИИ от 18.06.2009 № 160, регулирующий и порядок ведения Геофонда, применяться не может в связи с внесением 09.06.2014 изменений в постановление Правительства РФ от 19.01.2006 № 20. К тому же правительство Москвы до последнего времени не выполнило требование ГрК РФ об обеспечении доступа на официальном сайте к соответствующей информации для ее размещения на портале ФГИС ТП и проигнорировало участие в масштабном расширении функционала ФГИС ТП.

Известно, что в состав исходных данных для принятия планировочных решений включаются зоны с особыми условиями использования территорий, госучет которых является необходимым условием безопасности таких решений. Несмотря на то, что объем ограничений под землей существенно меньше существует проблема гармонизации земельного, градостроительного и кадастрового правового регулирования, установления сроков включения ограничений в ГКН и ЕГРП, повышения ответственности уполномоченных лиц. Это в полной мере касается установления технических зон линий метрополитена, регулирование установления которых осуществляется устаревшими нормами СП и приказами Москомархитектуры.

¹ По поручению Правительства РФ Минрегион России с участием автора настоящей статьи подготовил в 2014 году законопроект о внесении изменений и дополнений в ГрК РФ, предусматривающий проведение ИИ для обоснования планировки территории всех видов.

² Предполагается также принятие СП «Инженерные изыскания для обоснования документации по планировке территории», в котором необходимо отразить специфику применительно к РГПП и к объектам метрополитена.

³ Увлечение коммерциализацией является видимо одной из причин недостаточно эффективного использования на практике тематических геологических крупномасштабных карт территории Москвы (без присоединенных территорий), которые выполнены в 2007 году и с 06.04.2010 должны быть размещены в Геофонде города. Эти карты не всегда используются при обосновании планировки территории объектов городского заказа, не говоря уже о случаях подготовки такой документации третьими лицами (например, попытки запуска механизма ГЧП для строительства объектов метрополитена).

Специфика и ответственность объектов метрополитена, а также факт вывода метро из устава железных дорог, требуют цельного и современного правового регулирования и в первую очередь в части градостроительных отношений. В этой связи следует поддержать необходимость разработки концепции проекта федерального закона о метрополитенах¹. Особенности инженерных изысканий как особого, «сквозного» (межуровневого) вида градостроительной деятельности также требуют более полного и цельного регулирования, например, в специальной главе ГрК РФ.

Если же говорить в целом о системном РГПП, то правительству Москвы следовало бы инициировать проведение (совместно с Минстроем России, РААСН и Национальными объединениями в области строительства) работ в следующих основных направлениях:

1.1. Включение темы РГПП в состав программы исследований Технологической платформы «Строительство и архитектура», в проект стратегии инновационного развития строительной отрасли с разработкой «Дорожной карты устойчивого развития подземного пространства городов».

1.2. Подготовка и принятие единой концепции комплексного развития федерального законодательства (гражданского, земельного, о градостроительной деятельности, о недрах) в области РГПП и внесение соответствующих законов в Госдуму ФС РФ (с участием других Министерств и заинтересованных организаций)².

1.3. Разработка и утверждение плана подготовки документов технического регулирования и стандартизации в области РГПП.

1.4. Рассмотрение возможности совершенствования информационных систем в области градостроительности, включая создание и ведение Госфонда материалов и данных ИИ в увязке с созданием городских многоуровневых информационных моделей РГПП, развитием ФГИС ТП и ИСОГД. В дальнейшем осуществлять РГПП крупнейших городов на основе усовершенствованной и адаптированной к российским условиям концепции «Глубокий город» [1].

1.5. Принятие мер к усилению качества инженерно-геологического обоснования проектов РГПП и контроля в данной сфере.

1.6. Рассмотрение совместно с Минобнауки России вопроса совершенствования образовательной базы в области РГПП.

1.7. Принятие по образцу передовых мировых практик концепций и программ РГПП на базе каркасной инфраструктуры метрополитена, увязанных с подготовкой стратегии развития и актуализацией Генплана Москвы.

¹ См., например, статью «Из-под земли достанут» (Федеральный выпуск Российской газеты №6440 (168)).

² Инициатива автора настоящей статьи о подготовке такой концепции поддержана профильным Комитетом Госдумы, правительством Москвы, руководителями национальных объединений в области строительства, ведущими учёными страны (подготовлено обращение в адрес Правительства РФ).

Следует также содействовать вновь образованному Национальному объединению проектировщиков и изыскателей (НОПРИЗ) в образовании профильного структурного подразделения, и обеспечить совместно с Комитетом по освоению подземного пространства НОСТРОЙ подготовку и проведение в 2016 году в Санкт-Петербурге международной профессиональной конференции и генеральной ассамблеи Объединения исследовательских центров подземного пространства мегаполисов (ACUUS).

При решении перечисленных задач ключевая роль отводится вопросам планового, комплексного и безопасного развития объектов московского метрополитена.

Литература

1. Алпатов С.Н., Беляев В.Л., Е.А. Ломакин Развитие городского подземного пространства – путь от дорожной карты к проектным решениям // Сб. трудов Международн. научн конференции «Российский опыт строительства метрополитена в г. Москве. Тенденции. Проблемы. Перспективы». М., 2014. С. 7-14.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРОДСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Е.В. Булдакова, А.В. Булдаков

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, 101000, Уланский пер., д. 13, стр. 2,
а/я 145, Москва. E-mail: e_buldakova@mail.ru
ЗАО «РЭИ-ЭКОАудит», 117513, ул. Островитянова, д. 6, Москва, Россия
E-mail: a_buldakov2004@mail.ru

Одним из приоритетных направлений современного градостроительства является создание комфортной городской среды. Широко распространенная в 90-е гг. XX века тема устойчивого развития по-прежнему остается актуальна, требует практической работы в направлении повышения качества жизни населения. Решение подобного рода задач опирается на детальное изучение территориальных инструментов планирования и соблюдения ограничений в районах, отличающихся особыми природными и техногенными условиями.

В нашем исследовании экологические ограничения для градостроительной деятельности рассматриваются с позиции установления и функционирования санитарно-защитных зон (далее – СЗЗ) для вновь строящихся, реконструируемых и существующих промышленных объектов и производств, а также других объектов, являющихся источниками воздействия на среду обитания и здоровья человека.

Методика анализа городского пространства для выбора земельного участка под строительство, включает в себя множество критериев и осуществляется на основании документов государственного кадастра недвижимости с учётом экологических, градостроительных и иных условий использования соответствующей территории (п.2 ст.31 Земельного кодекса РФ). Кроме того, она должна включать в себя оценку экологических и санитарных ограничений земельного участка. В первую очередь необходимо выяснить, попадает ли участок в границы СЗЗ, чтобы определить ограничения по использованию рассматриваемого земельного участка или какой-либо его части.

Критерием для определения размера СЗЗ – специальной территории с особым режимом использования, является неперевышение на ее внешней границе и за ее пределами предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ для атмосферного воздуха населенных мест, предельно допустимых уровней (ПДУ) физического воздействия на атмосферный воздух [2].

Для автомагистралей, линий железнодорожного транспорта, метрополитена, и некоторых других линейных объектов устанавливаются санитарные разрывы, уменьшающие неблагоприятные воздействия до значений гигиенических нормативов. Величина разрыва устанавливается в каждом конкретном случае на основании расчетов рассеивания загрязнения атмосферного воздуха и физических факторов [2].

По функциональному назначению СЗЗ является защитным барьером, обеспечивающим за счет рассеивания вредных примесей в атмосферном воздухе уровень безопасности населения при эксплуатации объекта. По своей сути организация СЗЗ является планировочным решением (наряду с техническими, технологическими и иными решениями) обеспечения качества среды обитания человека, т.е. санитарно-эпидемиологического благополучия.

При планировании городского пространства необходимо учитывать ограничения для размещения в санитарно-защитной зоне предприятий следующих объектов: жилой застройки, включая отдельные жилые дома, ландшафтно-рекреационных зон, курортов, санаториев и домов отдыха, территории садоводческих товариществ и коттеджной застройки, а также спортивных сооружений, детских площадок, образовательных и детских учреждений, лечебно-профилактических и оздоровительных учреждений и других территорий с нормируемыми показателями качества среды обитания.

В настоящее время в связи с изменениями в Градостроительном кодексе Федеральным законом от 20.03.2011 № 41-ФЗ, отношения, связанные с соблюдением ограничительного режима СЗЗ, подлежат регулированию в рамках территориального планирования Российской Федерации [1]. Однако следует отметить, что недостаток территориальных инструментов планирования в соблюдении ограничений в СЗЗ приводит к тому, что инвесторы получали разрешение на строительство жилой застройки, спортивных, образовательных и лечебных учреждений в зонах повышенного риска, размещение которых в СЗЗ не допускается.

Для соблюдения баланса между социальными, экономическими и экологическими интересами в области принятия решений по планированию городского пространства, необходимо наряду со сведениями о видах, назначении и перечне планируемых для размещения объектов и их основными характеристиками, указывать местоположение и характеристику зон с особыми условиями использования территорий, включая СЗЗ на всех уровнях организации городского пространства. Необходимость визуализации

границ зон с особыми условиями использования территорий отмечается в целом ряде статей ГрК РФ.

В настоящее время далеко не все СЗЗ соответствуют гигиеническим требованиям и стандартам. Вблизи производственных объектов, в границах нормативных СЗЗ, очень часто встречаются садово-огородные участки, объекты сельскохозяйственного производства, жилая застройка. Устойчивое развитие городской среды подразумевает обновление существующих схем городского планирования для обеспечения градостроительной деятельности максимальной достоверной информацией. Для этого необходимо провести комплексную оценку существующей ситуации границ зон с особыми условиями использования, требующих определенных ограничений.

Еще одной проблемой стремительного расширения городского пространства является сокращение размеров СЗЗ для предприятий. Такой подход не является однозначным решением и подразумевает увеличение вероятности риска негативных последствий здоровью населения при возникновении аварийных и послеаварийных ситуаций.

Спорным вопросом, возникающим при разработке проектов единых зон (ЕСЗЗ) групп предприятий, является необходимость учёта промышленных предприятий, для которых уже установлена индивидуальная СЗЗ, а также предприятий IV-V классов опасности, если их индивидуальная ориентировочная СЗЗ уже учтена [3].

На основании опыта разработки и согласования авторами статьи широкого спектра проектов обоснования СЗЗ III-V классов опасности, располагающихся, в основном, в разных районах Московской области, можно подчеркнуть несколько моментов:

– до 2013 года СЗЗ разрабатывались в основном для существующих объектов, доля обращений заказчиков с проектируемыми предприятиями была значительно меньше;

– начиная с 2013, основную массу проектов обоснования СЗЗ составляют проектируемые и реконструируемые объекты.

В нормативной СЗЗ практически каждого объекта располагалась либо существующая жилая застройка или СНТ, либо потенциальные инвесторы строительства жилого фонда имели намерение сократить СЗЗ соседствующих с их участками предприятий. Зачастую, Роспотребнадзор по Московской области очень неохотно согласовывал данные сокращения, требуя не только обычных расчетов рассматриваемых в проекте, но и более глубокого обоснования, подкрепленного натурными замерами.

Практически никогда не было обращений от предприятий об обустройстве существующей СЗЗ. В понимании большинства заказчиков СЗЗ является некой зоной отчуждения, в обустройство которой не имеет смысла вкладывать денежные средства. А вместе с тем рекомендуется дополнительное озеленение – рядовые посадки преимущественно лиственных деревьев в несколько рядов с заполнением подкроновых пространств кустарников. Растения, используемые для озеленения должны быть эффективными в санитарном отношении и достаточно устойчивыми к загрязнению атмосферы и почв промышленными выбросами. Тем самым мы не только снижаем негативное влияние от предприятия, но и улучшаем экологическое состояние прилегающей территории и повышаем ее эстетическую ценность.

Литература

1. *Бабина Ю.Б.* Установление и соблюдение режимов санитарно-защитных зон промышленных предприятий и других производственных объектов // Справочник эколога. 2013. № 3. С. 69-85.
2. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов Новая редакция / Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 25 апреля 2014 г. № 31.
3. *Синильщикова И.А.* Особенности разработки единых санитарно-защитных зон для групп промышленных объектов // Экология производства. 2012. № 9. С. 35-38.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ТЕРРИТОРИЙ В СТРУКТУРЕ СВОДА ПРАВИЛ ПО ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ИЗЫСКАНИЯМ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

И.Ю. Григорьева

Геологический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, Ленинские горы, д. 1, Москва.
E-mail: ikagrig@inbox.ru

Для урбанизированных территорий на сегодняшний день одним из основных видов инженерных изысканий становятся инженерно-экологические изыскания, которые по своей сути должны быть направлены на оценку *геоэкологических условий территории*. Однако, до сих пор, в нормативных документах отсутствует целостное представление об этой категории. По аналогии с представлением об инженерно-геологических условиях, представление о геоэкологических условиях территории должно быть положено в основу системы инженерно-экологических изысканий в строительстве. Однако, сло-

жившаяся ситуация вокруг самого научного направления, во многом отражается в том числе и на структуре нормативных документов. Попробуем кратко проанализировать с исторических позиций закономерности появления, развития и современного состояния представления о геоэкологических условиях.

Конец XX начало XXI века стал этапом экологизации многих отраслей научных знаний, как в России, так и за рубежом. Определённый толчок этой экологизации был дан рядом международных конференций, работой «римского клуба» и первыми моделями глобального развития мира. Итогом этих международных событий стало появление в различных странах мира министерств по охране окружающей среды, появление отдельной отрасли права – экологического [4].

В России итогом экологизации естественнонаучной области знаний стало появление междисциплинарной науки, получившей название «Геоэкология». В формулировке Высшей аттестационной комиссии [3] *геоэкология* определяется как *междисциплинарное научное направление, объединяющее исследования состава, строения, свойств, процессов, физических и геохимических полей геосфер Земли как среды обитания человека и других организмов*.

Несмотря на три десятилетия с момента обособления этого междисциплинарного направления научные споры вокруг объекта, предмета, задач исследований этой науки по-прежнему не угасают [10]. По этой специальности (25.00.36) готовятся студенты во многих ВУЗах страны, защищаются диссертации, но споры и разногласия относительно правомерности самого существования подобной науки звучат всё чаще и всё громче [2].

И всё же возникновение и оформление этого научного направления видится во многом закономерным. Сегодня, вспоминая фразу Б.Коммонера [5] о том, что каждый из наших взглядов на природную систему есть только тонкий разрез через сложное целое, поскольку каждый специалист освещает лишь некоторые свойства целого, но общая картина получается искаженной, а ведь в реальном мире «каждая вещь связана со всеми остальными». Вспоминая, осознавая и принимая это, мы понимаем, что от бесконечной дифференциации науки, узкой специализации сегодня необходимо стремиться к интеграции научного знания, в том числе и в науках о Земле. Первой попыткой интеграции и стала междисциплинарная отрасль знания – «Геоэкология».

Геоэкология относится к поколению новых, интегративных наук, входящих сразу в несколько сфер научного познания. Хотя базовыми для геоэкологии являются науки о Земле, изучение геоэкологии носит интегративный характер и базируется не только на знании предметов естественнонаучного цикла, но и гуманитарного, а также социально-экономического и, зачастую, технического циклов.

К сожалению, на сегодняшний день чёткого и единодушного представления у исследователей о содержании и основных атрибутах этого нового научного направления так и не сформировалось, хотя рядом авторов предложены достаточно емкие и логичные определения [6, 9]. В гораздо меньшей степени проработано к настоящему моменту представление о геоэкологиче-

ских условиях. А значимость этого понятия достаточно очевидна для актуализируемого ныне СП [8]. В перечне терминов, к сожалению, определение этого понятия отсутствует (раздел 3). Вместо понятия о геоэкологических условиях предлагается «комплексное изучение природных, природно-антропогенных, антропогенных и экологических условий» (раздел 4.3). И такая подмена отнюдь не вносит ясного представления о составе информации необходимой и достаточной для характеристики геоэкологических условий территории.

Для преодоления разночтений и успешного выхода из сложившейся ситуации будет уместно, на наш взгляд, привести пример довольно схожего понятия, прочно вошедшего в теорию инженерной геологии и практику инженерно-геологических изысканий. Так, под инженерно-геологическими условиями понимается комплекс современных геологических особенностей, определяющих условия инженерных изысканий, строительства и эксплуатации инженерных сооружений (узкий подход), или условия инженерно-хозяйственной деятельности человека в целом (широкий подход) [1]. Этот комплекс включает в себя пять составляющих, которые называются компонентами, или факторами инженерно-геологических условий: 1) геологическое строение местности и характер слагающих ее пород; 2) рельеф; 3) гидрогеологические условия; 4) мерзлотные условия; 5) современные геологические процессы.

Каждый из них характеризуется большим числом параметров. Наиболее важными из них являются характер и условия залегания грунтов, их состав, состояние и свойства, морфологические и морфометрические особенности рельефа, распространение мерзлых, талых и немерзлых толщ, их температура, мощность мерзлых пород, их криогенное строение, глубина сезонного протаивания-промерзания, типы, закономерности распространения, глубины залегания, водообильность и режим подземных вод, их состав и минерализация, агрессивность по отношению к строительным материалам, а также современные геологические процессы и явления.

Аналогичные представления существуют и в смежных научных направлениях. Например, в теории физической географии [7] под *природными условиями* понимают природное окружение человека, объединяющее: климат, рельеф, геологические условия, ресурсы поверхностных и подземных вод, режим рек и озёр, почвенно-растительный покров и животный мир.

Путём объединения разных подходов, необходимо чётко сформулировать содержание понятия о геоэкологических условиях. В качестве некой отправной точки может быть предложено следующее определение: *геоэкологические условия – комплекс современных особенностей территории, определяющих условия материально-энергетического обеспечения жизни населения на рассматриваемой территории*. Компоненты геоэкологических условий должны раскрывать как природные, так и антропогенно измененные (трансформированные) особенности состава, строения, свойств, процессов, физических и геохимических полей геосфер Земли (атмосферы, гидросферы, литосферы, педосферы). Причем, при оценке геоэкологических условий особое

внимание должно уделяться биологически значимым антропогенным изменениям в природной среде.

Достаточно очевидно, что формирование представления о геоэкологических условиях территории не может идти самопроизвольно или вестись только с позиций одной отрасли знаний. Например, физической географии, как это просматривается в структуре общих положений соответствующего СП. Невозможно оно и с позиций исключительно инженерной геологии. И здесь в качестве примера для подтверждения сказанного приведём ещё одно достаточно ярко проявляющееся противоречие: в структуре СП [8] идёт постоянное употребление двух терминов: почвы и грунты. С позиций инженерной геологии это грубейшая ошибка, поскольку в грунтоведении почвы традиционно относятся к грунтам [1]. При проведении же инженерно-экологических изысканий почвы не должны, на наш взгляд, относиться к грунтам и между ними должно проводиться чёткое различие. Почвы выполняют важную экологическую функцию и их отнесение к категории грунтов недопустимо. Однако этот момент, к сожалению, так же не оговаривается в перечне терминов и определений рассматриваемого СП.

Настала пора конструктивного диалога между представителями различных научных направлений: географии, геологии, биологии, почвоведения, химии, физики, а также социальных наук. Без решения данного вопроса, как научные исследования, так и инженерные изыскания по вопросам оценки геоэкологических условий будут вестись без должной системы, вызывая очередные споры и нарекания.

Литература

1. Базовые понятия инженерной геологии и экологической геологии: 280 основных терминов / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: ОАО Геомаркетинг, 2012. 320 с.
2. *Богданов М.И.* История становления и современное состояние геоэкологии // Инженерная геология. 2014. № 1. С. 14-20.
3. Высшая аттестационная комиссия (ВАК) Министерства образования и науки Российской Федерации [сайт] URL: <http://vak.ed.gov.ru/ru/news/index.php?id54=426> (дата обращения: 20.11.2014).
4. *Григорьева И.Ю.* Геоэкология: Учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2013. 270 с.
5. *Коммонер Барри.* Замыкающийся круг. М.: Гидрометеиздат, 1974. 280 с.
6. *Осипов В.И.* Геоэкология: понятие, задачи, приоритеты // Геоэкология. 1997. № 1. С. 3-11.
7. *Петрушина М.Н., Самойлова Г.С., Щербакова Л.Н., Хорошев А.В., Иванов А.Н.* Физическая география России и сопредельных территорий: Учебное пособие к практическим и семинарским занятиям. Изд. 2-е, с доп. и изм. М.: Географический факультет МГУ, 2013. 152 с.
8. Свод правил. Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ. Проект, 1-ая редакция. URL: <http://www.oaiis.ru/upload/iblock/10e/10e16b2322cd6173f400782b1a07f123.pdf> (дата обращения 20.11.2014).
9. *Трофимов В.Т.* Основополагающие теоретические положения экологической геологии как науки и вопросы её дальнейшего развития // Материалы тринадцатой между-

зовской молодежной научной конференции «Школа экологической геологии и рационального недропользования» (3-5 мая 2013). СПб.: СПбГУ, 2013. С. 17-50.

10. Трофимов В.Т. Парадоксы современной геоэкологии // Вестн. МГУ. Сер. 4. Геология. 2009. № 4. С. 3-13.

ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИНЖЕНЕРНО- ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И УСЛОВИЙ

П.Ю. Дьяконов, А.П. Михайлов, А.Б. Островский

ОАО «МОСИНЖПРОЕКТ», 111250, Москва, проезд завода «Серп и Молот», д. 10.
E-mail: pyudyakonov@yandex.ru

Строительство является одной из наиболее консервативных и трудно поддающихся промышленной роботизации областей деятельности человека. Концептуально строительство мало изменилось за несколько тысячелетий. Изменения происходят в сфере разработки и использования новых материалов и механизмов.

Инженерно-геологические и геоэкологические изыскания являются составной частью строительного производства и обслуживают его. Прежде чем разрабатывать новые нормативы в области инженерно-геологических и геоэкологических изысканий необходимо понять, что изменилось в строительстве в целом и какие требуются коррективы в изысканиях.

В системе нормирования в области строительства в нашей стране произошли коренные изменения, вызванные рядом причин:

- сменой формы собственности на средства производства;
- вхождением РФ в ВТО и другими.

В СССР преобладающей была общенародная собственность, при которой инвестором и собственником выступало государство, и нормирование касалось объектов, возводимых по его заказу. Единые требования в строительстве регулировались с помощью ГОСТов и СНиПов в технической части, и ЕНиРов и ЕРЕРов в производственно-финансовой. Для международного сотрудничества разрабатывались Стандарты СЭВ (Совета Экономической Взаимопомощи). Для оперативного развития в области строительства применялись ТСН (территориальные строительные нормы), ВСН (ведомственные и временные строительные нормы), Стандарты предприятий и т.п.

Сегодня в РФ частная собственность, которая предполагает взаимную ответственность производителя и потребителя за создание и эксплуатацию продукции. Отношения в области строительства регламентируются Федеральным Законом «О техническом регулировании» от 27.12.2002 № 184 [1] и последующими Федеральными Законами, регламентами [2,3,4] и другими

нормативными актами. Однако механизм контроля ответственности не разработан.

В советское время держателями архивной инженерно-геологической информации были ТИСИЗы. Крупные проектные организации имели свои отделы изысканий. Проектно-изыскательские работы представляли собою единый комплекс. Если на стадии строительства выявлялись значительные отступления в инженерно-геологических данных от фактических, персональную ответственность несли руководители и исполнители работ.

Сегодня контроль качества проектных и изыскательских работ мелких фирм затруднен либо отсутствует. Система тендеров на проектно-изыскательские работы направлена на снижение договорной стоимости работ, но она не учитывает реальных возможностей фирм и качества исполнения. Очевидно, крупные организации имеют меньшие накладные расходы, стоимость их работ будет ниже, чем у мелких фирм. Однако зачастую именно последние выигрывают тендеры за счет демпинговых цен, и как следствие низкого качества или неполного выполнения объема работ.

В условиях насыщения рынка новыми строительными материалами и машинами, технологиями производства работ важную роль приобретают нормирование и стандартизация продукции, которые выражаются в техническом регулировании. Техническое регулирование, в том числе в строительстве, прошло большой путь от тарифного регулирования, основанного на таможенных пошлинах, сборах, квотах и т.п. до так называемых «сравнительных преимуществ», когда один из участников рынка производит продукцию с меньшими затратами, чем другой. Этот принцип положен в основу деятельности Всемирной торговой организации (ВТО).

Очевидно, наша страна всегда будет проигрывать в конкуренции с большинством развитых стран, в силу природных и погодных условий, сложной демографической ситуации и т.д. Несомненным преимуществом нашей страны является высокий образовательный и интеллектуальный уровень населения, однако он пока реализован только военно-промышленным комплексом. Необходимо учитывать, что ВТО есть, по сути, законодательное закрепление технических преимуществ экономически развитых стран перед менее развитыми, с целью беспрепятственного продвижения своей продукции на рынки этих стран.

На Западе происходит разгосударствление технического регулирования в строительстве. Этот процесс объясняют:

- появлением на рынке множества новых материалов и технологий;
- отсутствием у государства материальной и технической возможности осуществлять регулирование.

Многообразие новых материалов и технологий благотворно сказывается на развитии строительной отрасли в целом, однако появляются проблемы с сертификацией продукции. Считается, что государство не располагает финансами, нужными специалистами, приборами и т.д. для осуществления регулирования в этой сфере, и переходят на саморегулирование. При этом пра-

вовая компонента регулирования остается за государством, а техническая за саморегулируемыми организациями.

Если наша страна пойдет по западному пути совершенствования нормативной документации в строительстве, а к этому имеются все предпосылки, то необходимо определиться с вектором развития нормативов и сравнить существующее положение с перспективой.

Строительство, как один из древнейших видов деятельности человечества, имеет богатую историю нормирования. Параграф 228 Свода законов Хаммурапи можно считать первым из ныне известных правовых актов регламентирующих строительное производство. Современное законодательство в сфере строительства имеет три взаимосвязанных компонента: правовую, административную и техническую.

Правовая часть представляет собой статутный акт (статут – законодательный акт особой важности в англосаксонской системе права), закрепляющий обязательность исполнения двух других компонент. Административная часть устанавливает процедуры соблюдения строительного законодательства, а также меры пресечения его нарушения. Техническая часть представляется строительными кодексами или строительными нормами и правилами. Четко видимая грань между указанными частями строительного законодательства, как правило, не прослеживается, и провести ее достаточно сложно.

Причина в том, что в западных государствах разные правовые системы и формы управления. В англосаксонских странах соблюдение норм права закреплено в общем праве, а в романо-германских в конституции. Техническое регулирование в строительстве на Западе привязано к правовой концепции местного самоуправления, которое может быть англосаксонским или континентальным. (Под объектом местного самоуправления подразумевается территориальный субъект, например, штат США, субъект РФ и т.п.).

Для англосаксонской модели характерна высокая степень автономии органов местного самоуправления. Она применяется в Австралии, Великобритании, Индии, Канаде, Новой Зеландии и США. Континентальная модель распространена во Франции и Испании. Здесь государство имеет уполномоченных представителей в органах местного самоуправления. В большинстве стран используется смешанная модель, в которой сочетаются элементы англосаксонской и континентальной модели.

Нормирование в строительстве осуществляется двумя методами: предписывающим и параметрическим. Отечественные СНиП являются яркими представителями предписывающих нормативов. По сути, они представляют собой учебные пособия по проектированию и строительству разнообразных объектов. Будучи обязательными для исполнения, жестко регламентируют методы расчета, объемы и методики изысканий, применяемые материалы и технологии строительства, и т.д. В условиях ускорения научно-технического прогресса, появления на рынке новых материалов и технологий строительства, жесткая регламентация становится тормозом для строительного производства в целом.

Параметрический метод (performance-based) иногда называют функционально-ориентированным нормированием, основан на декларировании достижения определенной цели и имеет три взаимосвязанных концептуальных уровня: целевой; функциональный и критериальный. Нижний уровень – критериальный задает технические (количественные) параметры нормирования, функциональный – формулирует обязательные требования к объекту нормирования, целевой – комплекс целей, как общие параметры в форме абстрактных понятий.

Параметрический метод нормирования отличается от предписывающего тем, что последний регламентирует количественные характеристики объекта, а параметрический – качественные. Т.е. как бы пожелание обеспечения определенных функциональных требований, однако нижний критериальный уровень в параметрических нормах задает минимально требуемые количественные характеристики объекта.

В отечественных СНИП примером использования параметрического нормирования может служить [5]. Здесь в п.2.2 предлагается определять расчетные нагрузки: а) по спектральной теории; б) с использованием инструментальных записей ускорений основания. Если методика расчета по спектральной теории подробно расписана, то расчет по п. «б» предполагает свободу действий проектировщика.

Для упорядочивания терминологии в области нормативных документов в строительстве и приведения используемых понятий к международному стандарту был разработан СНИП 10-01-2003 «Система нормативных документов в строительстве. Основные положения». Он не был принят. Однако приводимые в этом документе материалы показывают изменения, которые должны произойти с переходом отечественного нормирования в строительстве на международный технический регламент.

Эти изменения сводятся к следующему: технический регламент является обязательной правовой нормой; СНИП применяются на добровольной основе; свод правил – рекомендуемый нормативный документ; территориальные строительные нормы обязательны для применения на соответствующей территории; стандарт документ добровольного многократного использования. Как видим, такой подход к системе нормативов переворачивает всю структуру отечественной стандартизации.

Исторически отечественная и международная стандартизация базировалась исключительно на предписывающем методе. В последнее время параметрический метод проник даже сюда. При этом за более чем 30-летний период в ЕС не только не создали единой системы стандартов в строительстве, но каждая страна продолжает использовать свои национальные нормы и правила. В то время как в области финансов, телекоммуникаций, электроники и информационных технологиях технические разногласия между государствами практически стерты.

В нашей стране местное самоуправление развито слабо в силу исторических традиций. Современное законодательство РФ наделило органы местной власти определенными полномочиями. В отличие от США, где на феде-

ральном уровне отсутствует регулирование строительного законодательства, в виду отсутствия у федерального правительства соответствующих полномочий (регулируется строительство ограниченного числа объектов, например, АЭС), в РФ существовала жесткая регламентная вертикаль.

В соответствии с [3] ст.7 п.3 к полномочиям органов государственной власти субъектов РФ относится «утверждение региональных нормативов градостроительного проектирования». Однако необходимо не только утверждать, но сначала разработать, а позже контролировать исполнение положений норматива. Такая ситуация реализована в Москве. Например, Постановлением Правительства Москвы №857 предписывается согласовывать конструкцию ограждений котлованов глубиной свыше 15м со сторонней экспертной организацией. Здесь просматриваются:

- 1) лоббирование интересов конкретных согласующих организаций и
- 2) осложнение в проектировании станций метрополитена мелкого заложения, т.к. раньше СНиП давал методику расчета конструкций подобных ограждений, которая успешно использовалась проектными организациями без всяких согласований.

В СССР превалировал ведомственный принцип составления нормативной документации при их строгой иерархической соподчиненности с общегосударственными нормативами. Это объяснялось тем, что ведомства имели свои научно-исследовательские институты, которые готовили нормативы на высоком техническом уровне. В современной РФ субъекты не обладают возможностями выпуска аналогичных документов.

Выводы

1. Инженерно-геологические и геоэкологические изыскания являются составной частью строительного производства и обслуживают его. В системе нормирования в области строительства в нашей стране произошли коренные изменения, связанные со сменой формы собственности на средства производства и необходимостью адаптации нормативной базы в строительстве к требованиям ВТО.

2. Применяемое в ВТО техническое регулирование, являясь формой нормирования и стандартизации, представляет собой, прежде всего способ политического и экономического влияния. Регламенты ВТО законодательно закрепляют технические преимущества технологически развитых стран.

3. Техническое регулирование в западных странах имеет четкое разделение полномочий: государство курирует правовую компоненту норм, саморегулируемые организации техническую.

4. Нормирование в строительстве осуществляется двумя методами: предписывающим и параметрическим. Исторически в России использовался первый. Переход на параметрический метод потребует переработки всей системы нормативной документации.

5. Современные строительные регламенты РФ в отличие от СНиП не нормируют технические вопросы, а констатируют общие правовые положения.

ния. Целесообразно совместить технические требования СНиП с современным законодательством в области строительства.

6. Разработка территориальных строительных норм, по нашему мнению, нецелесообразна.

Литература

1. ФЗ №184 «О техническом регулировании» от 27.12.2002.
2. ФЗ №65 «О внесении изменений в закон о техническом регулировании» 2007 г. и других лет.
3. ФЗ №190 Градостроительный кодекс РФ от 29.12.2004.
4. ФЗ №384 Технический регламент о безопасности зданий и сооружений от 30.12.2009.
5. СНиП II-7-81 «Строительство в сейсмических районах». М.: Стройиздат, 1981.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ И РАЙОНИРОВАНИЕ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ ДЛЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В.Г. Заиканов, Т.Б. Минакова

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, 101000, Москва, Уланский пер. д. 13, стр. 2.
E-mail: Zaikanov@geoenv.ru

Безопасное строительство объектов экономики и оптимальное хозяйственное использование территории во многом зависит от того, насколько в проектах планировки и застройки учтены ее природные и социальные особенности. Для выявления взаимосвязи существующих градостроительных, природных и экологических ограничений были проанализированы разработанные в соответствии с Приказом Минрегиона РФ от 26 мая 2011 г. №244 региональные и местные нормативы градостроительного проектирования. Такие нормативы должны представлять собой совокупность стандартов по разработке документов территориального планирования, градостроительного зонирования, включая стандарты обеспечения безопасности и благоприятных условий жизнедеятельности человека. Эти нормативы должны предусматривать качественные и количественные требования к размещению объектов капитального строительства, территориальных и функциональных зон.

Однако рассмотренные нами «Нормативы» по 26 регионам и городским округам позволили установить, что они, как правило, содержат расчетные показатели обеспечения благоприятных условий жизнедеятельности человека (в том числе объектами социального и коммунально-бытового назначения, инженерной инфраструктуры, благоустройства территории, транспортной доступности для населения). Природным же факторам не уделено должного

внимания. Геологические и экологические характеристики и ограничения в этих документах занимают менее 6% их объема, а среди них вопросам экологии уделено большее значение, чем геологическим факторам. При описании последних, как правило, целиком копируются разделы СНиП 22-02-2003 и СП XX.13330.2012 и не отражаются особенности конкретной территории.

Городские территории отличаются повышенной техногенной нарушенностью ландшафтов, проявлением и активизацией опасных природных и природно-техногенных процессов, геохимическим загрязнением, возникновением техногенных геофизических полей и т.п. Эти факторы должны учитываться при проектировании, с одной стороны в силу природных и техногенных опасностей для объектов экономики, с другой – предельно допустимых нагрузок на природные компоненты и человека. Только на основании таких разработанных норм можно рекомендовать режим рационального природопользования и обеспечения наиболее благоприятных условий жизни населения.

Однако отсутствие систематизации и рассредоточение законодательных и нормативных документов, необходимых для планирования освоения территории, мешает решению задачи балансирования между народнохозяйственными потребностями в территориях определенного назначения, размещении конкретных объектов и ее природными особенностями. Таким образом, назрела необходимость разработки методических основ такого документа для районирования проектируемых урбанизированных и осваиваемых территорий по **геоэкологическим ограничениям**. Под последними понимается система регламентов, основанная на действующих законодательных и нормативных документах (актах) проектирования, градостроительства и природопользования, определяющих зоны ограничений, учет которых обеспечивает геоэкологическую обстановку, благоприятную для жизнедеятельности человека.

Для достижения поставленной цели предлагается следующий алгоритм:

- выявляются все условия, осложняющие проектирование и освоение территории. Из их числа выбираются относящиеся к категории геоэкологических;

- проводится их систематизация;

- устанавливаются критические значения в физических единицах каждого из геоэкологических ограничений применительно к отдельным группам реципиентов;

- определяется соотношение важности и соразмерности отдельных ограничений между собой и применительно к различным реципиентам. Сопоставимость этих значений достигается путем привлечения стоимостных показателей, отражающих удорожание строительства и эксплуатации объектов, подготовки территории к освоению;

- проводится ранжирование геоэкологических ограничений в зависимости от степени их влияния на освоение территории (1 балл – ограничение, оказывающее меньшее влияние по сравнению с другими в этой группе ограничений).

Подход апробируется на ряде модельных территорий, на которых устанавливается наличие геоэкологических ограничений согласно разработанной систематизации. Определяются их конкретные физические параметры. В итоге формируется база исходной информации – «геоэкологические ограничения».

При исключении из общей совокупности ограничений освоения территорий социально-экономических ограничений остальные группируются в два основных блока: природные и градостроительные ограничения. На стыке этих групп возможно появление экологических ограничений, которые могут быть отнесены к одной или к обеим группам. Между этими блоками существует взаимосвязь. Процесс формирования геоэкологических ограничений представлен на рис.



Рис. Концептуальная схема формирования и использования геоэкологических ограничений для проектирования освоения территории

Геоэкологические ограничения объединяются в 4 группы, в каждой из которых выделяется от двух до шести подгрупп (табл. 1).

Пример подгруппы систематизации с критериями представлен в табл. 2.

Состав геоэкологических ограничений и их параметры будет меняться в зависимости от природных ограничений и функционального назначения территории (табл. 3).

Таблица 1

Систематизация основных геоэкологических ограничений

Группа	Подгруппа
Геологическая	тектоническая
	литологическая
	геофизическая
	экзогеодинамическая
	гидрогеологическая
Гидрометеорологическая	недропользовательская
	гидрологическая
Геоморфологическая	метеорологическая
	генетическая
Градоэкологическая	морфометрическая
	функционально-планировочная
	техногенно-негативная (источники техногенного воздействия)
	техногенно-ареальная (опасные техногенные поля)
	законодательно ограничивающая (экологические нормы)

Таблица 2

Фрагмент систематизации основных геоэкологических ограничений

Подгруппа	Вид	Показатели, ед. измер	Критерии физические
Экзогеодинамическая	эрозионный (оврагообразование)	расчлененность территории, км/км ²	0,7-2,5
		плотность, ед/км ²	2
	рост, м/год	3 – 8	
	удорожание при строительстве %	до 40	
	суффозионно-карстовый	пораженность территории, %	>15
	карстовый	пораженность территории, %	>30
		показатель интенсивности провала образования случай/год км ²	>1
	оползневой (поверхностные оползни)	пораженность территории, %	>25
		удорожание при строительстве, %	до 100

Таблица 3

**Пример изменения физических критериев в зависимости
от назначения освоения территории**

Вид	Показатели, ед.измерения	Физические критерии по видам застройки		
		Промышленные, коммунально- складские зоны	Селитеб- ные террито- рии	Спортивно- оздоровительные и рекреационные территории
уровень подзем- ных вод	норма осушения, м	5	2	1
	Удорожание при строительстве, %	рассчитывается по конкретным объектам		5

Одной из главных трудностей при оценке ограничивающих факторов является то, что они выражаются в физических или других (относительных), несопоставимых между собой единицах. Приоритетность того или иного ограничения находится в прямой зависимости от возможной опасности его несоблюдения. Сложность определения приоритетности того или иного ограничения заключается в том, что важность (значимость) конкретного ограничения среди ограничений данной группы может быть одной, в совокупности с ограничениями второй группы – другой, а с позиции архитектурно-планировочных потребностей и градостроительных особенностей конкретной территории – третьей. Сопоставимость этих величин можно достичь через соотношение стоимостных значений удорожания строительства при определенных ограничениях.

Для учета выявленных ограничений при территориальном проектировании по отдельным группам (природным и геоэкологическим) создаются соответствующие карты районирования. На основе их совместного анализа в комплексе с действующим генпланом города на следующем этапе разрабатывается карта районирования урбанизированной территории по геоэкологическим ограничениям. Комплексное районирование позволяет дифференцировать функциональные зоны, определяемые документами территориального планирования. Для каждой зоны или ее части устанавливаются свои градостроительные регламенты и геоэкологические ограничения. Естественно, что ограничения для жилой и рекреационной зон будут различными. Возможные сочетания геоэкологических ограничений и видов объектов целесообразно представить в виде матрицы, где – строки геоэкологические ограничения с критериальными физическими значениями, а столбцы – территориальные зоны и объекты строительства.

Внедрить геоэкологические ограничения в практику – это значит определить границы районов по совокупности соизмеримо взвешенных отдельных видов ограничений, обеспечивающих благоприятную для жизнедеятельности геоэкологическую обстановку.

В зависимости от требований освоения территории и конкретного объекта районирование урбанизированной территории по наличию и приоритетности ограничений будет многовариантным.

Территориальная дифференциация геоэкологических ограничений обеспечит оценку степени пригодности территории к тому или иному виду освоения, а также выбор оптимального варианта ее развития.

О КОНСИСТЕНЦИИ ГРУНТОВ ЕСТЕСТВЕННОГО СЛОЖЕНИЯ

Д.Ю. Здобин

Санкт-Петербургский государственный университет, 199034, Санкт-Петербург,
Университетская наб., 7/9. E-mail: zdobin_soil@mail.ru

Показатель текучести наряду с гранулометрическим составом, естественной (природной) влажностью, плотностью грунта, плотностью частиц грунта, числом пластичности является важнейшим классификационным показателем грунта, свойством грунта I порядка, объективным критерием истории его образования и геологического развития, существующим вне зависимости от метода определения.

В настоящее время как в теоретическом грунтоведении, так и в практике лабораторных исследований грунтов для целей инженерных изысканий широко используется показатель текучести I_L – показатель состояния (консистенции) глинистых грунтов, который определяют по формуле (в соответствии с п. А17 приложения А ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация» [2]):

$$I_L = \frac{W - W_p}{I_p}, \quad (1)$$

где W – естественная влажность, %; W_p – влажность на границе раскатывания, %; I_p – число пластичности, %.

Согласно ГОСТ 25100-2011 [2] в соответствии с частной инженерно-геологической классификацией все связные дисперсные минеральные грунты подразделяются по I_L на группы так, как показано в табл. 1.

Но необходимо отметить, что показатель I_L расчетный, он характеризует грунты в *нарушенном* сложении и поэтому не дает правильного представления об их состоянии в *естественном* (природном) сложении. Кроме этого, пределы пластичности определяются с некоторой лабораторной погрешностью, что влечет за собой неправильное представление о показателе текучести грунтов даже нарушенной структуры.

Исходя из этого, П.О. Бойченко в 1964 г. теоретически обосновал и ввел в научный оборот совершенно определенный термин – *показатель консистенции (C_B) грунта ненарушенной структуры* [1]. Это интеграционный показатель, зависящий от гранулометрического состава, естественной влаж-

ности, плотности, особенностей текстуры и микростроения грунта, и, в конечном итоге, его величина определяется, прежде всего, типами контактов между отдельными элементами грунтовой системы, прочности единичного контакта и количества этих контактов на единицу площади. Следовательно, C_B по определению **объективен** (является показателем (свойством) грунта первого порядка) и определяет природное состояние грунта в естественном сложении – (исходная) фациально-генетическая (а, следовательно, термодинамически устойчивая) характеристика грунтовой системы.

Таблица 1

Классификация глинистых грунтов по показателю текучести I_L [2]

Грунты		I_L
Супеси	твердые	<0
	пластичные	0–1,00
	текучие	>1,00
Суглинки и глины	твердые	<0
	полутвердые	0–0,25
	тугопластичные	0,25–0,50
	мягкопластичные	0,50–0,75
	текучепластичные	0,75–1,00
	текучие	>1,00

Поэтому уравнивание терминов «показатель текучести» и «показатель консистенции» **недопустимо**, ибо это принципиально разные, по сути, показатели физико-химического состояния грунтов.

Совершенно очевидно, что существующая градация пластичных глинистых грунтов по показателю текучести в нарушенном сложении весьма условна и по согласованности принята в профессиональном сообществе для разделения всей линейки глинистых грунтов для удобства их практического применения в проектировании зданий и сооружений. Все множество состояний грунта по количеству влаги разбито с шагом 0,25 на четыре группы. Строгое научное разделение отсутствует (в 1960-е гг. предлагался термин «полупластичные» грунты, что, в общем, не лишено формального смысла с точки зрения строительства). На данном этапе развития теоретического грунтоведения можно лишь уверенно говорить о двух точках перехода («критические точки состояния глинистого грунта»): 1) $W_e \geq W_l$ и 2) $W_e \leq W_p$.

В первой точке ($W_e \geq W_l$), по всей видимости, дальние коагуляционные контакты меняются на ближние коагуляционные контакты при сохранении в целом ячеистой микроструктуры грунта.

Верхний предел пластичности – переход глинистого грунта из пластичного состояния в текучее, т.е. должно строго соблюдаться положение «идеального сдвига» $c = 0$ кгс/см² и $\varphi \approx 0^\circ$ (расчетный 0° – суммарная огибающая

прямая разрушения образца грунта при сдвиге суммирует эквипотенциальные поверхности микросдвигов).

В настоящее время коагуляционные контакты подразделяются на дальние и ближние, исходя из расстояния между твердыми частицами [4]. Нынешняя градация основана на инструментальной лабораторной оценке расстояния между частицами мономинеральных монтмориллонитовых паст в дистиллированной воде (типичная двухфазная система). По всей вероятности в природных четырехфазных дисперсных системах (грунтах) такое разделение вряд ли уместно. Совершенно очевидно, что каждой из критических точек состояния глинистого грунта ($W_e \geq W_l$ и $W_e \leq W_p$) должен соответствовать свой тип контакта. На наш взгляд, классические коагуляционные контакты присущи только грунтам (минеральным (текучие глины) и органо-минеральным (илы)), к которым применим критерий $W_e \geq W_l$. По определению такие грунтовые разности не набухают и не размокают. Зеркально данное предположение можно соотнести с грунтами с переходными (фазовыми) контактами. При непосредственном контакте с водой такой грунт также не размокает и не набухает. Весь остальной массив дисперсных связных минеральных глинистых грунтов корректно отнести к грунтам, имеющим в своей структуре и коагуляционные (дальние и ближние) и переходные (фазовые) контакты, с подавляющим преимуществом первых.

В целом можно утверждать, что грунт с переходными (фазовыми) контактами в воде не размокает и не набухает. Грунт с переходными и коагуляционными контактами в зависимости от минерального состава твердой фазы может и набухать, и размокать, и наконец, грунт только с коагуляционными контактами также не набухает и не размокает.

Во второй точке ($W_e \leq W_p$) количество точечных контактов переходит в критическое количество (по отношению к коагуляционным контактам), и грунт теряет всякую способность к пластическим деформациям: т.е. коагуляционные контакты в грунтовой системе сменяются на переходные (точечные).

Физико-химический смысл остальных градаций (0,25; 0,5; 0,75) пока не установлен, если он вообще существует. По всей видимости, имеет место плавное и постепенное уменьшение коагуляционных контактов на отрезке $W_p - W_l$. В связи с этим остается открытым ряд вопросов с точки зрения физико-химической механики дисперсных сред, одним из важнейших из которых является: соответствуют ли существующие методы лабораторного определения верхнего и нижнего предела пластичности грунтов их истинному физико-химическому состоянию. По всей вероятности нет.

Показатель консистенции C_B для грунтов ненарушенной структуры определяется при помощи конуса методом лабораторной пенетрации. П.О. Бойченко моделировал поведение грунта при одноплоскостном срезе добиваясь значений $c=0$ кгс/см² и $\varphi \approx 0^\circ$ – «идеальный сдвиг». Грунтовые пасты с определенными значениями ($c=0,019-0,031$ кгс/см² и $\varphi \approx 0^\circ$; аппаратура 1950-х гг.) повторно испытывались на пенетрометре – падающий конус с углом раскрытия 30° и весом 300 г (конус постоянного веса). При этом глубина погруже-

ния определялась с точностью до 0,1 мм. Для перехода $W_e \geq W_l$ глубина погружения конуса в грунт соответствует 32 мм. Принятый в настоящее время метод определения верхнего предела пластичности (конус Васильева угол 30° , вес 76 г) – $c=0,035-0,052$ кгс/см² [3]. Для этого состояния грунта глубина погружения конуса в грунт составляет 22,5 мм. Как видно из этих чисел, истинные величины W_l грунта занижены примерно 1,5-2 раза.

Зная научно обоснованные критического точки состояния грунта ($W_p=4$ мм – $C_v=0$ и $W_l=22.5$ мм – $C_v=1$), можно легко определить консистенцию грунта естественного сложения методом пенетрации. Следует отметить, что в производственных целях установление физико-механических свойств грунтов для строительства определение верхнего предела пластичности и конусом Васильева и конусом Бойченко, по сути, не принципиально: в обоих случаях грунт находится в текучем состоянии, и для расчетов оснований и фундаментов (а именно на это нацелено все практическое грунтоведение) применяются одни и те же схемы и подходы.

Конус опускают до соприкосновения с поверхностью грунта, чтобы он слегка его касался (прочерчивая при этом видимую тонкую линию), нажимают кнопку стопора, дают возможность пенетрометру погрузиться в грунт под действием собственного веса и через 5 с снимают отчет с точностью до 0,1 мм. Определяют глубину погружения конуса в грунт h , мм (3–5 раз). В качестве результата опыта принимают среднее арифметическое глубины погружения конуса, которое и используют для определения показателя консистенции. В графическом виде зависимость C_v от глубины погружения конуса в грунт h показана на рис. 1. Грунты ненарушенного сложения подразделяются на группы по величине C_v согласно табл. 2.

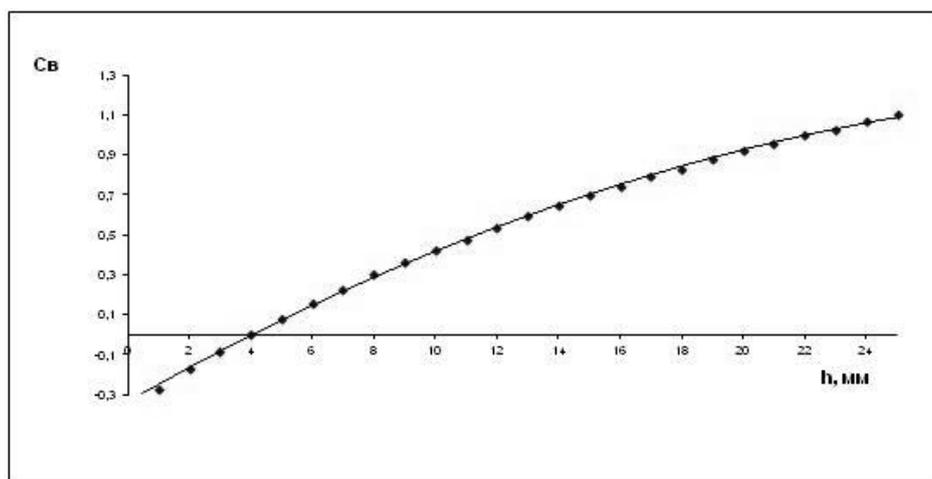


Рис. 1. График зависимости показателя консистенции C_v (y) от глубины погружения конуса в грунт h (x)

Таблица 2

Классификация грунтов по показателю консистенции C_B (по П.О. Бойченко [1])

Глубина погружения конуса h , мм	Консистенция	C_B , безразм.
<1,2	твердая	< -0,25
1,2–4,0	полутвердая	-0,25÷0
4,0–7,4	тугопластичная	0÷0,25
7,4–16,3	мягкопластичная	0,25÷0,75
16,3–22,5	текучепластичная	0,75÷1,00
>22,5	текучая	>1,00

Значения показателя текучести грунтов нарушенного сложения I_L , как правило отличаются от величин показателя их консистенции C_B в ненарушенном сложении. Классификация их состояния (консистенции) по I_L при нарушенном сложении и C_B при ненарушенном сложении представлена в табл. 3 (по ней можно оценить также соотношение этих показателей).

Таблица 3

Классификация состояния (консистенции) грунтов по показателям текучести I_L и консистенции C_B

Показатель текучести I_L	Показатель консистенции C_B	Консистенция грунта
<0	<-0,25	Твердая
0–0,25	-0,25–0	Полутвердая
0,25–0,5	0–0,25	Тугопластичная
0,5–0,75	0,25–0,75	Мягкопластичная
0,75–1	0,75–1	Текучепластичная
>1	>1	Текучая

Для оценки естественного состояния грунта вводится **показатель структурной прочности**:

$$K_{cn} = C_B - I_L. \quad (2)$$

По это простому показателю грунты можно разделить на три группы: (1) структурно устойчивые ($K_{cn}>0$); (2) структурно неустойчивые ($K_{cn}\leq 0$); (3) структурно однородные ($K_{cn}=0$). Таким образом, сравнение показателей I_L и C_B дает возможность оценить структурную прочность грунта.

Для грунтов Санкт-Петербурга и Ленинградской области существует взаимосвязь между показателями I_L и C_B (рис. 2). Анализ графика совершенно определенно показывает, что по показателю текучести I_L (нарушенное сложение) грунты характеризуются как менее прочные, чем по показателю консистенции C_B (естественное сложение).

Важнейшим классификационным показателем глинистых грунтов является число пластичности. Понятно, что пределы пластичности в общем виде характеризуют тип структурных связей между отдельными элементами

грунтовой системы. Если верхний предел пластичности (предел текучести) характеризует, по всей вероятности, переход структурных связей в грунте от ближних коагуляционных контактов к преимущественно дальним, то нижний, соответственно, характеризует переход ближних коагуляционных контактов к переходным (частично цементационным). Вопрос о типе микростроения грунта при значениях влажности нижнего и верхнего пределов пластичности и соответствующих типах контактов между его отдельными частицами, по всей видимости, прояснит совместное применение 3D-томографа и растровой электронной микроскопии.

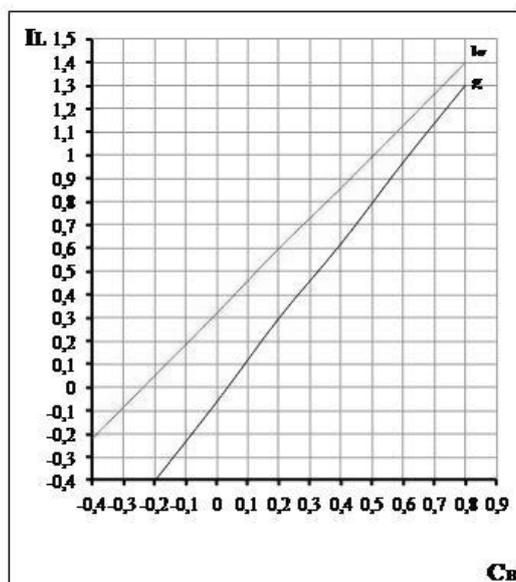


Рис. 2. График зависимости между показателями консистенции и текучести для моренных (g) и озерно-ледниковых (lg) отложений территории Санкт-Петербурга

Главным преимуществом применения конуса Бойченко является определение пределов пластичности грунта одним методом («одним усилием – конусом постоянной массы»), что полностью исключает субъективность лабораторного определения рассматриваемых показателей разными методами (погружения балансирного конуса Васильева в грунт для определения предела текучести и раскатывания грунта в жгут для нахождения предела раскатывания).

Консистенция грунта при погружении конуса Бойченко на 22,5 мм соответствует влажности верхнего предела пластичности, а на 4 мм – влажности нижнего предела пластичности. Одну пенетрацию следует проводить при влажности грунта, соответствующей погружению конуса от 3 до 6 мм, а вторую – от 18 до 25 мм, т.к. зависимость между глубиной погружения конуса и

влажностью грунта, построенная в логарифмическом масштабе, близка к линейной.

Последующая обработка результатов пенетрационных испытаний: строится простая зависимость $\lg W = f(\lg h)$ (рис. 3). На номограмме Бойченко в координатах « $W-h$ » ставятся, точки соответствующие полученным данным, и соединяются прямой линией. В местах пересечения линии с абсциссами h_A (4 мм) и h_B (22,5 мм) находят значения влажности, соответствующие верхнему (W_L) и нижнему (W_p) пределам пластичности ($\lg W_L = f(\lg 22,5)$ и $\lg W_p = f(\lg 4)$).

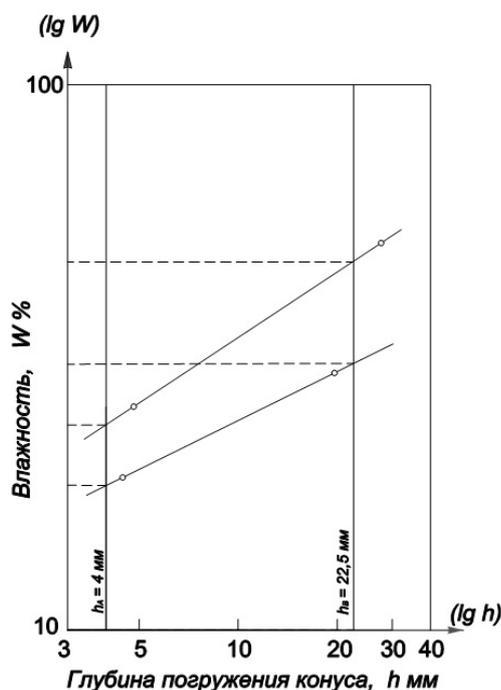


Рис. 3. Графический способ установления численных значений пределов пластичности по логарифмической сетке (по П.О. Бойченко [2]):

W – влажность грунта, %; h – глубина погружения конуса Бойченко в грунт, мм; h_A – глубина погружения конуса при нижнем пределе пластичности (4 мм); h_B – глубина погружения конуса при верхнем пределе пластичности (22,5 мм)

Конус Бойченко незаменим при определении показателя консистенции грунта в полевых условиях. По существу, это единственный объективный показатель природного состояния грунта при работе с водонасыщенными, тиксотропными и скрытотекучими грунтами, т.е. с теми отложениями, которые могут менять (и меняют) свое исходное состояние при транспортировке образцов в стационарную грунтовую лабораторию.

В работе затронуты только базовые физико-химические показатели грунта, определяемые методом лабораторной пенетрации. Но диапазон ее применения гораздо шире: от выбора вертикальных нагрузок при определении прочностных свойств грунта до установления минимального лабораторного модуля деформации грунта при естественной прочности.

На наш взгляд было бы вполне обоснованным и рациональным решением включение показателя «состояние грунта естественного сложения – консистенция (Св)» в обязательные определяемые характеристики физико-механических свойств грунтов в инженерных изысканиях для строительства, тем более что в Санкт-Петербурге он успешно применяется последние полвека.

Литература

1. *Бойченко П.О.* Определение пределов пластичности и консистенции глинистых грунтов методом конуса. Л.: Изд-во ЛГУ, 1964. 47 с.
2. *ГОСТ 25100-2011.* Грунты. Классификация. М.: Стандартинформ, 2013. 38 с.
3. *ГОСТ 5180-84.* Грунты. Методы определения физических характеристик. М.: Издательство стандартов, 1985. 24 с.
4. *Осинов В.И., Соколов В.Н.* Глины и их свойства. М.: ГЕОС, 2013. 576 с.

УСЛОВИЯ И ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИЯХ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ С ЦЕЛЬЮ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

С.В. Козловский

ИГЭ РАН, 101000 Москва Уланский пер., д. 13, стр. 2. E-mail: bintan@rambler.ru

На этапах становления методологии выполнения инженерно-геологических исследований перед началом разработки проектов, имеющих высокую значимость в промышленном и гражданском аспектах развития государства, была обоснована необходимость предварительного изучения геологического строения, гидрогеологических условий и природных процессов, оказывающих существенное влияние на принятие проектного решения. Принятый порядок проектирования зданий и сооружений имеет значительный экономический смысл.

Теоретически обосновано и практически подтверждено, что учёт инженерно-геологических условий при разработке объектов различного назначе-

ния обеспечивает соответствующую надежность принятых проектных решений. По этой причине на всем протяжении выполнения проектных работ инженерно-геологические исследования всегда являются опережающими.

Решение практических аспектов проектирования показало, что технически выгоднее и экономически целесообразно выполнение исследований геологических условий постепенно, по стадиям. Каждой стадии проектирования предшествует соответствующая стадия инженерно-геологических исследований, что позволяет уточнять конструкцию, потребляемые материалы, способы производства и их стоимость. Поэтому до недавнего времени была принята совершенно правильная и обоснованная система стадийного выполнения работ, позволяющая в процессе работы уточнять принимаемые решения.

Связь между стадиями проектирования и стадиями инженерно-геологических исследований обеспечивала выполнение прямых и обратных связей технологического цикла «инженерно-геологические изыскания – проектирование – строительство – ввод в эксплуатацию – эксплуатация здания (сооружения)». На прикладном уровне стадии инженерно-геологических изысканий подчинены стадийности проектирования объектов. При этом принятая стадийность не отражает циклов и методику проведения отдельных видов и объёмов инженерно-геологических исследований.

Принятая концепция периодического обновления нормативной документации в инженерно-геологических изысканиях является правильным и рациональным методологическим подходом, учитывающим новые научно-методические результаты и практические реализации за различные периоды развития отрасли.

Конструктивным шагом в нормировании комплексного подхода явилась разработка СНиП II-15-74 Часть 2 Глава 15. Нормативный документ вышел взамен глав СНиП II-Б.1-62 (изд.1962 г, 1964 г) и СНиП II-Б.2-62 (изд.1962 г), раздела 6 главы СНиП II-И.9-62, СН 58-59, СН 331-65, СН 360-66.

Примечательно, что ключевым аспектом СНиП II-15-74 Часть 2 Глава 15, применительно к исходной инженерно-геологической информации, явилась четкая регламентация условий проектирования, предписывающая выполнение проектирования основания зданий и сооружений на основе: 1) результатов инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий, данных о климатических условиях района строительства; 2) учёта опыта возведения зданий и сооружений в аналогичных инженерно-геологических условиях; 3) технико-экономические сравнения возможных вариантов проектирования, обеспечивающих наиболее полное использование прочностных и деформационных свойств грунтов и физико-механических свойств материалов фундаментов, с оценкой решений по приведённым затратам.

Эти три методических условия прекрасно отражали цели и задачи инженерно-геологических изысканий, возведенных в категорию государственного стандарта, обязательного к исполнению.

Лаконичная взаимосвязь методических аспектов проектирования и инженерно-геологической информации явилась ключевым звеном в дальнейшей работе изыскателей. Но всё же методология СНиП II-15-74 Часть 2 Глава 15 в большей степени была смещена в сторону проектных работ, при этом отражая цели и задачи инженерно-геологических исследований.

Существенным методологическим прорывом вперед послужило создание СНиП 1.02.07-87 Инженерные изыскания для строительства (1988 г.). В едином нормативном документе собраны обоснованные практические решения основных научно-методических направлений исследований геологического строения, гидрогеологических условий экзогенных (ЭГП) и эндогенных процессов, влияющих на принятие проектных решений. Ключевым звеном является методологический подход в определении глубины инженерно-геологических выработок с точки зрения оценки сферы взаимодействия с геологической средой, и, прежде всего, с величиной активно сжимаемой толщи. Прекрасная практическая реализация научно-методических аспектов.

К сожалению, эта идея реализована не в полном объёме. С рациональной точки зрения, следует рассматривать совокупность факторов грунтовых условий, гидрогеологической обстановки, неблагоприятных геологических процессов и явлений с проектируемой техногенной нагрузкой, установить границы природно-технических систем (ПТС). В прикладном отношении следует рассматривать положение сферы взаимодействия «здание (сооружение) – геологическая среда» не только по глубине, но и по простираанию геологических тел. При данном подходе выполнение инженерно-геологических исследований в границах землеотвода является неоправданной методической ошибкой.

В 1997 г. СП_11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства» существенно регламентировал в лучшую сторону методологию и выполнение инженерно-геологических исследований. Разделение нормативных требований по видам исследований и специфическим условиям существенным образом положительно отразилось на качестве полученной инженерно-геологической информации. При этом СНиП_11-02-96, опубликованный на один год ранее, существенно уступает по многим факторам, относящимся к выполнению инженерно-геологических изысканий.

Провалом в методологии выполнения инженерно-геологических изысканий является утверждение Градостроительного кодекса Российской Федерации (2004 г.). Серьезной проблемой явилось аннулирование процедуры стадийности выполнения работ. Инженерно-геологические изыскания для разработки предпроектной документации, проекта и рабочей документации введены в единый обобщённый цикл под названием «проектная документация».

В условиях достаточной степени изученности геологической среды одностадийное выполнение работ является основополагающим. На городских агломерациях именно так проходило выполнение инженерных изысканий. По оценке исследователей [1], констатацию изученности инженерно-геологических условий следует считать весьма относительным (условным) критерием,

который зависит, прежде всего, от величины техногенной нагрузки и условий взаимодействия проектируемого объекта с окружающей средой.

Утвержденный СП 47.13330.2012, создан в условиях принятого в 2004 г. Градостроительного кодекса, который, в свою очередь, не в полном объеме соответствует требованиям к полноценной оценке геологической среды. Авторам СП 47.13330.2012 удалось частично минимизировать противоречия общепринятой методологии выполнения инженерно-геологических изысканий и отдельных положений Градостроительного кодекса. Результатом явилось введение понятия «этапов» инженерно-геологических изысканий.

Разделение инженерно-геологических изысканий на этапы строго не регламентируется, имеет индивидуальный подход к возможному решению поставленных задач.

Существенным противоречием при подготовке нормативных документов являются применение положений об обязательном и добровольном применении нормативной документации.

Совершенно очевидно, что Государственный стандарт категории «добровольного» применения полностью исключает основное требование стандартизации – четкое исполнение регламента работ.

В 1964 г. созданы СН 289-64 «Указания по проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях». Этот же подход к выполнению работ был отражен в СП_11-105-97 Часть V. «Правила производства работ в районах с особыми природно-техногенными условиями».

В перечень вопросов, разработанных в СП 47.13330.2012, требования к выполнению исследований геологической среды на подрабатываемых территориях не вошли.

При активном освоении подземного пространства в условиях урбанизации, назрела необходимость пересмотра подходов оценки состава и свойств грунтов с точки зрения установления границ ПТС подрабатываемой территории.

Методики выполнения исследований геологической среды в условиях неосвоенных территорий и в условиях урбанизации отличаются коренным образом. Регламент выполнения исследований в виде единого нормативного документа, обеспечивающего стандартизацию исследований на все возможные варианты, в настоящее время, является весьма спорным.

Переход на нормирование выполнения инженерно-геологических исследований необходимо основывать на имеющейся инженерно-геологической информации, с последующим системным переходом к разработке региональных нормативных показателей физических, прочностных и деформационных свойств грунтов геологических тел, в условиях проведения дополнительных (заверочных) исследований.

Данный подход в дальнейшем существенно сократит затраты на выполнение достоверной оценки показателей свойств геологической среды.

Литература

1. Антипов А.В., Экзарьян В.Н. и др. Создание картограмм геологической изученности территории города Москвы с учётом оптимизации инженерно-геологических изысканий. Инженерные изыскания для строительства: практика и опыт Мосгоргеотреста // Под ред. А.В. Антипова, В.И. Осипова. М.: Информагенство «ГРОМ», 2012. С. 181-205.
2. Козловский С.В. Основные особенности выполнения инженерно-геологических изысканий при освоении подземного пространства на территории г. Москвы // Материалы научно-практической конференции «Геоэкологические и инженерно-геологические проблемы развития гражданского и промышленных комплексов города Москвы» // Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе. М.: КДУ, 2008. С. 60-62.
3. Козловский С.В. Построение природно-технических систем при организации геологической информации // Геологическое изучение и использование недр: Науч.-техн. информ. сб. // ЗАО «Геоинформарк». М., 2001. Вып. 1. С. 43-52.
4. СН 289-64 Указания по проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях // Госстрой СССР. М., 1965. С. 83.
5. СНиП II-15-74 Часть II Глава 15 // Стройиздат. М., 1975. С. 65.
6. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания. Часть I-VI. Госстрой России. М., 1997. С. 47.

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ НА ЧЕРНОМОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

С.И. Маций, Л.А. Михеева, Н.Н. Любарский

ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет» 350044,
Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13. E-mail: mail@kubsau.ru

Черноморское побережье Краснодарского края имеет большое экономическое и рекреационное значение для всей страны. Постоянное население рассматриваемой территории составляет около 1,2 млн. человек и с каждым годом увеличивается. Курорты Черноморского побережья ежегодно принимают более 12 млн. отдыхающих и туристов. Регулярно проходят различные экономические форумы и спортивные мероприятия мирового масштаба. Одной из угроз хозяйственной деятельности на прибрежных территориях являются различные опасные экзогенные процессы, одним из которых является сель. Чаще всего результатом селевой деятельности служат выносы влекомых наносов, которые перекрывают движение по автомобильным и железным дорогам. Но бывают случаи, когда на пути стихии встречаются промышленные объекты, общественные сооружения и жилые здания, что влечет за собой не только значительный экономический ущерб, но и значительно увеличивает риск человеческих жертв.

В нашей стране основным документом, на основании которого устанавливаются параметры селевых потоков, является ВСН 03-76 «Инструкция по определению расчетных характеристик дождевых селей» [1]. Данный документ позволяет прогнозировать максимальный расход селевого потока, его скорость течения, среднегодовой объем твердого стока и другие ключевые параметры, требующиеся для проектирования противоселевых мероприятий. Однако, при вычислении параметров селевого потока по данному документу обнаруживается ряд недостатков: отсутствует расчет динамической и статической нагрузок на препятствия, встречаемые на пути селя; не полностью учитываются гидрометеорологические условия, характерные для исследуемого района; расчет величины жидкой составляющей селя выполняется по устаревшей методике и т. д. Также необходимо отметить еще одну особенность данного документа – расчеты справедливы только для селей дождевого генезиса.

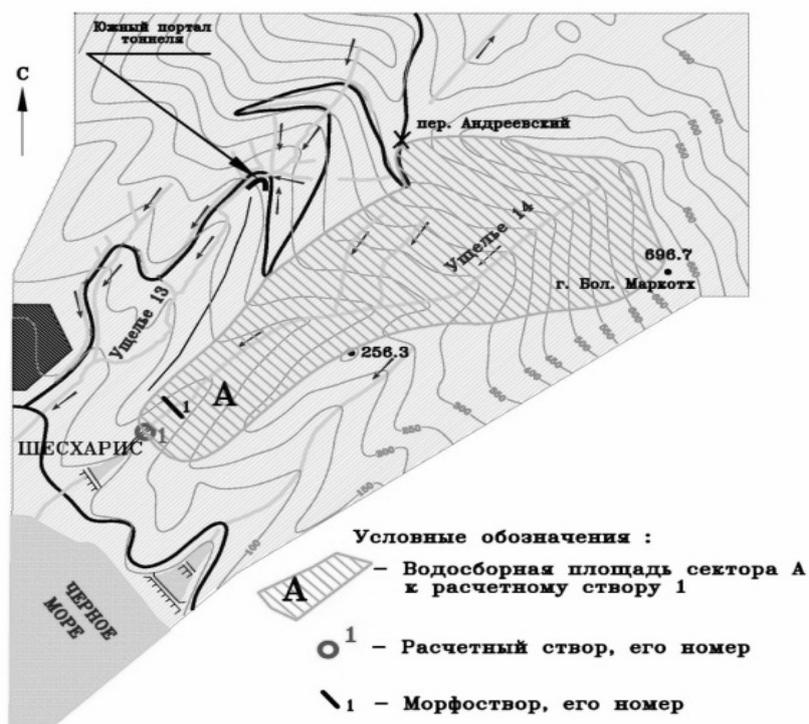


Рис. 1. Гидрографическая схема селеопасного ручья А

Рассмотрим в качестве примера один из селевых участков, расположенный на южном склоне Маркотхского хребта, в непосредственной близости от города Новороссийска (рис. 1). Площадь его водосборного бассейна составляет 1,69 км². Рельеф резко пересеченный, повсеместно с поверхности

залегают глинисто-обломочные элювиальные отложения, подстилаемые терригенно-карбонатной толщей с низкими фильтрационными свойствами (0,001–0,01 м/сут). Грунты неоднородны и состоят из щебенистого грунта с суглинистым и песчаным заполнителями, с включениями строительного мусора. Продольный профиль долины исследуемого ущелья характеризуется значительным уклоном (от верховьев к устью разница высот более 300 м). Древесная и кустарниковая растительность занимает около 60% ущелья с тенденцией к сокращению. Оставшиеся 40% территории представлены искусственными насыпями и выемками под дороги и сооружения. Дополнительным источником твердой составляющей селя служат отвалы грунта, размещаемые на склонах и в русле ручья. В силу перечисленных условий, в периоды выпадения продолжительных, интенсивных осадков, поверхностные воды, смывая элювиально-делювиальный чехол, устремляются по боковым притокам в долину ущелья, где сливаются в единый мощный поток, формируя тем самым селя.



**Рис. 2. Селевые отложения в верховьях ущелья:
щебень и глыбы мергелей размером до 0,4 м**



**Рис. 3. Селевые отложения в среднем течении:
щебенистый грунт**

Летом 2012 г. в исследуемом ущелье был отмечен сход селевого потока водокаменного типа. По результатам проведенных обследований установлено, что в верховьях ущелья, а также ниже точки слияния основного русла с крупным правым притоком, днище долины на протяжении 600 м заполнено селевыми отложениями мощностью до 5 м (рис. 2, 3). В нижнем течении селевой поток вышел на территорию нефтеналивной базы, где серьезно повредил здания и сооружения, расположенные на его пути. Также отложениями была занесена проходящая рядом автомобильная дорога. Общий объем твердого стока ориентировочно составил 7,0 тыс. м³ [2].

Одним из основных параметров, характеризующий водосбор селеопасного ручья, является коэффициент селеактивности водосборного бассейна μ . В соответствии с методикой, представленной в [1], возможно два варианта вычисления данного параметра. В первом случае коэффициент селеактивности зависит от уклона тальвега (формула 1), а во втором устанавливается связь между коэффициентом селеактивности и типом поверхности водосборной площади (формула 2).

$$\mu \geq 0,063 \cdot I^{0.4}, \quad (1)$$

где I – уклон главного тальвега, ‰.

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot z_i}{F}, \quad (2)$$

где F_i – площади отдельных участков бассейна, характеризующиеся удельными коэффициентами селеактивности z_i (табл. 1);

F – площадь всего водосбора, км².

Результаты расчетов для исследуемого селеопасного ущелья приведены в табл. 2.

Таблица 1

Удельные коэффициенты селеактивности [1]

№ категории	Характеристики участков	Удельные коэффициенты селеактивности z
1	2	3
I	Мощные эрозионные врезы заполненные рыхлообломочным материалом. Зоны накопления рыхлообломочного материала у границ ледников и снежников. Конусы выноса селевых притоков и лавинных лотков. Русло и террасы главного тальвега и основных притоков, выполненные мощными отложениями рыхлообломочных материалов, с неустойчивыми склонами, подрезаемыми при проходе высоких вод	0,70 – 1,00
II	Обнаженные, крутопадающие склоны, подверженные интенсивному выветриванию, зоны развития обвалов, камнепадов, оползней, осыпей	0,70 – 0,90

Окончание табл. 1

1	2	3
III	Зоны под пахотой или изреженным лесом и кустарником с выбитой подстилкой	0,10 – 0,20
IV	Зоны под сомкнутым лесом с нормальной подстилкой, но при плохо организованном лесном хозяйстве, с возможным образованием заломов и карчехода	0,05 – 0,15
V	Зоны под альпийскими лугами с полноценным дерновым покровом и нормально организованным выпасом скота	0,04 – 0,06
VI	Зоны под сомкнутым лесом с полноценной подстилкой и правильно организованным лесным хозяйством	0,01 – 0,03
VII	Зоны отсутствия эрозии или наличия лишь ее следов	0,005 – 0,01

Таблица 2

Результаты расчетов параметров селевого потока

Название параметра	Обозначение	Ед. изм.	Значение параметра при исп. формулы (1)	Значение параметра при исп. формулы (2)
Коэффициент селеактивности водосборного бассейна	μ	–	0,05	0,032
Средняя скорость течения селевого потока	V_c	м/с	3,72	3,71
Объем селевого паводка (твердая и жидкая фазы)	W_c	тыс. м ³	48,61	41,04
Объем селевых отложений	W	тыс. м ³	9,58	6,11
Максимальный расход селя	Q_c	м ³ /с	40,18	32,11

Сравнение полученных в соответствии с [1] результатов выявило значительные расхождения расчетных параметров с натурными данными (рис. 4). Погрешность вычислений объема твердого стока по формуле (1) составила около 37%. По второй формуле разница составила 16% – значение более близкое к реальности. Это показывает, что в условиях Краснодарского края наилучшую сходимость результатов расчетов параметров селевого потока с натурными данными дает формула (2). Однако ввиду того что полученные с использованием данной формулы значения параметров селя ниже реальных, существует высокий риск того, что противоселевые мероприятия, запроектированные на основании этих значений, окажутся не эффективными.

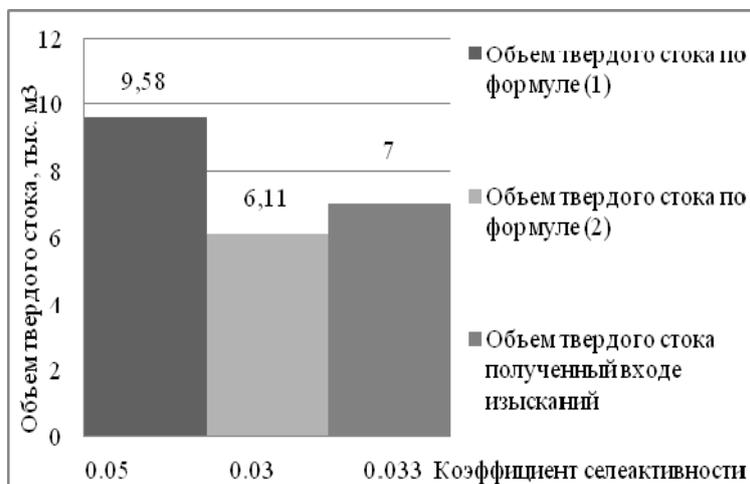


Рис. 4. Сопоставление объема твердого стока

Приведенное исследование показывает необходимость проведения актуализации существующей методики, изложенной в [1], и разработки системы региональных коэффициентов, которые обеспечат учет тех или иных селеобразующих факторов уникальных для каждого района. Это позволит уменьшить расхождение результатов аналитических расчетов с натурными данными, и повысить эффективность противоселевых мероприятий.

Литература

1. ВСН 03-76 «Инструкция по определению расчетных характеристик дождевых селей» Л.: Гидрометеиздат, 1976.
2. Технический отчет по комплексным инженерным изысканиям. Часть 2. 14 ущелье. На объекте ««ПК «Шесхарис». Инженерная защита в районе 13-го и 14-го ущелий. Строительство» / Арх. Г.0.0022.004-И-ПО-ЧТН/ГТП/Ш-00.000-ИИ-02 / ЗАО «НИПИ» ИнжГео». – 2013.

О НЕДОСТАТКАХ СУЩЕСТВУЮЩИХ НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ В ОБЛАСТИ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО ОСВОЕНИЯ ЗАКАРСТОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В ГОРОДАХ

В.В. Толмачёв

ОАО «Противокарстовая и береговая защита», 606019, Дзержинск, ул. Гастелло 10/15.
E-mail: altolm@sinn.ru

Вопросы инженерно-строительного освоения закарстованных территорий очень часто вызывают сложности у специалистов в области проектно-изыскательской деятельности, строительства и эксплуатации строительных объектов, страхования сооружений, охраны природы, а также у застройщиков, административных органов власти и т.д. Эти сложности объясняются многими причинами как объективного, так и субъективного характера. Назовём некоторые из них:

- 1) Недостаточный учёт различных аспектов карстовой опасности [9].
- 2) Чрезвычайно большое разнообразие природных и антропогенных условий развития карста на территории России, которые определяют специфику строительства и охраны окружающей среды в различных регионах и городах [11].
- 3) Крайне большой разброс трудно прогнозируемых вероятных ущербов социального, экономического и экологического характера в случае аварийных ситуаций, обусловленных негативным влиянием карста. Это особенно характерно для городских территорий [7].
- 4) Недостаточная квалификация специалистов изыскательских, проектных и экспертных организаций, а также органов управления в вопросах специфики строительства в карстовых районах.
- 5) Как правило, упрощённый подход к понятию карстовой опасности.
- 6) Редкое участие специализированных научно-исследовательских организаций, а также отдельных учёных в научно-техническом сопровождении даже крупномасштабных проектов.
- 7) Игнорирование на практике требований Федеральных законов № 184, 190, 384 о необходимости учёта в проектно-изыскательской деятельности рисков опасных природных процессов, а также принципов «устойчивого развития территорий» [8, 10].
- 8) Практическое отсутствие в России в последние 25 лет целенаправленных исследований в области инженерного карстоведения.
- 9) Недостаточное знание практических результатов зарубежных исследований в области инженерного карстоведения.
- 10) Серьёзные недостатки и «несстыковки» между собой различных нормативных документов, в том числе «актуализированных» Сводов правил.

Настоящая статья подготовлена на основе анализа лишь тех нормативно-методических документов, которые полностью посвящены различным аспектам хозяйственного освоения закарстованных территорий или в них имеются соответствующие отдельные разделы. В нашей стране такие документы уже разрабатываются уже около полувека. В общей сложности их разработано более тридцати. Следует отметить, что эти документы, созданные в разные периоды, в значительной мере отражали как опыт проектно-изыскательских организаций, так и результаты специальных научно-технических исследований, которые проводились по заданиям центральных и региональных органов власти, а также отдельных ведомств. Анализ нормативно-методической базы по строительству в карстовых районах уже неоднократно освещался в научно-технической литературе [1, 6, 8].

В настоящее время в России действуют Федеральные законы, которые непосредственным образом должны влиять на нормативную политику в области строительства, направленную на безопасность строительных объектов, экономичность проектных решений и эффективную охрану окружающей среды. К таким законам, прежде всего, относятся следующие: О техническом регулировании (184-ФЗ), Градостроительный кодекс Российской Федерации (190-ФЗ), Технический регламент о безопасности зданий и сооружений (384-ФЗ).

В законе 184-ФЗ впервые содержится требование о необходимости оценивать риски инженерных решений и сравнения их с допустимыми рисками. Названные понятия принципиально важны в проектно-изыскательской деятельности, особенно для обоснования инженерных решений при строительном освоении территорий с опасными геологическими процессами. К таким территориям относятся и закарстованные территории.

Понятие «риск опасных природно-техногенных процессов», которое указывается в вышеназванных законах, в значительной мере соответствует принципам концепции ООН «Sustainable development – Устойчивое развитие», основой которой является минимизация комплекса вероятных ущербов экономического, социального и экологического характера с учётом интересов настоящего и будущих поколений. Эта концепция декларируется в Градостроительном кодексе. Однако, к сожалению, развитие понятий о специфике параметров риска в законах, «обслуживающих» строительство, отсутствует. В них лишь констатируется необходимость оценки риска опасных природных процессов и его допустимых значений, но не намечена хотя бы общая процедура практических действий. По нашему мнению, важнейшим вопросом является порядок назначения допустимых рисков применительно к решению различных инженерных задач с учётом специфики тех или иных опасных процессов. Конечно, такого рода проблемы требуют проведения целенаправленных исследований, иницируемых, прежде всего, государственными органами. Но такая деятельность практически не ведётся, хотя соответствующие Федеральные законы существуют уже много лет.

Аналогичная ситуация сложилась и в таких «актуализированных» сводах правил, как СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений», СП 47.

13330.2012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения», СП 116. 13330.2012 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения». Как ни странно, даже в Национальном стандарте «Надёжность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования» (ГОСТ Р 54257-2010) игнорируются параметры риска, хотя понятия «надёжность» и «риск» взаимно обусловлены. Таким образом, при существующем несовершенстве управления в деле разработки современной нормативной базы в сфере строительства (особенно применительно к территориям с опасными геологическими процессами) реальное исполнение требований Федеральных законов относительно природных рисков, очевидно, отложится ещё на годы. Это непременно отрицательно скажется на безопасности и экономичности проектных решений, а также их страховании с учётом природных рисков.

Как известно, на развитие карстового процесса и характер карстовой опасности в различных регионах оказывают влияние многочисленные природные и антропогенные факторы, а степень изученности карста в различных регионах нашей страны неодинакова. Разумеется, эти обстоятельства не могут быть учтены в должной мере документами общегосударственного характера (СНиП, СП). Это создаёт многочисленные противоречия и недоразумения в проектно-изыскательской практике.

Выход из этого положения был найден ещё тридцать лет назад путём создания нормативно-методических документов регионального характера. В них должны развиваться общие положения общегосударственных документов, но применительно к тому или иному региону. Ценность такого рода документов заключается и в том, что в них, как показала практика, вопросы инженерных изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации строительных объектов на закарстованных территориях региона рассматриваются комплексно. Кроме того, появляется возможность достаточно оперативно отражать основные результаты научно-технических разработок, учитывать опыт оценки карстовой опасности и реализации противокарстовой защиты в конкретном регионе, отражать причины происшедших аварийных ситуаций и т.д.

Такие документы (инструкции, территориальные строительные нормы) были в своё время разработаны для закарстованных территорий в следующих регионах: город Москва (1982, 1984, 2004), республика Башкортостан (1995), Нижегородская область (1999), Пермский край (2004, 2005). Однако, эти документы, согласно 184-ФЗ, стали считаться «незаконными». Поэтому, к сожалению, некоторые из этих документов были отменены. Смело утверждать, что для нашей страны, с её чрезвычайно разнообразными природными условиями, это было ошибочным решением, которое непременно приведёт к снижению безопасности [7]. Следует заметить, что в таких «карстоопасных» странах, как Германия и США, существуют только региональные документы по особенностям проектно-изыскательской деятельности в карстовых районах [12, 13].

Укажем ещё на другие, менее значимые, недостатки существующих нормативных документов, но которые отрицательно влияют на «тактику» проектно-изыскательской деятельности на закарстованных территориях.

Как известно, проявления карста на земной поверхности имеют ярко выраженный вероятностный характер [2, 11]. Такое положение с практической точки зрения относится, прежде всего, к интенсивности провалообразования и диаметрам карстовых воронок. Это обстоятельство было отражено почти полвека назад в первых «Рекомендациях» [2], а также в последующих методических документах [3, 4, 5]. В настоящее время эти величины, в виде среднестатистических значений служат характеристиками карстово-провальной опасности для различных частей карстовых районов. Именно с учётом их намечаются категории опасности (СП 11-105-97 ч. II). В СНиП 2.02.83* (1986) эти же характеристики служат исходными данными (в сочетании с некоторыми характеристиками сооружений [3, 4, 11]) для определения параметров проектирования конструктивного усиления фундаментов.

На основании стохастических пространственно-временных закономерностей образования провалов и диаметров карстовых воронок сравнительно нетрудно оценить вероятность образования провалов на той иной площади за заданное время, или вероятность недопустимого повреждения строительного объекта [3, 4, 5, 8, 11]. Такой подход отражает как релевантную инженерно-геологическую обстановку на заданной территории (участке), так и стохастическую природу карстового процесса [11,12]. Именно на основе совместного учёта названных вероятностных характеристик представляется возможным оценивать карстовый риск и намечать варианты защитных мероприятий. При этом, как показала практика, при необходимости, могут эффективно использоваться также методы инженерно-геологических аналогий и расчёты на основе детерминистических моделей [11].

Однако в актуализированном СП 47.13330.2012 категории карстово-провальной опасности («устойчивости») территорий предлагается назначать лишь по интенсивности провалообразования (как это было принято в первом методическом документе полувековой давности [2]), а вместо среднего диаметра карстовых воронок вводится весьма неопределённое понятие «расчётный диаметр провала», но уже не как один из показателей категории опасности. В СП 22.13330.2011 это понятие также существует в качестве параметра проектирования конструктивного усиления фундамента с учётом воздействия карстовых провалов на конкретной площадке проектирования. Однако при его определении уже не предполагается учитывать интенсивность (или вероятность) провалообразования. В СП 116.13330.2012 сохранены категории провальной опасности, как по интенсивности образования провалов, так и по средним диаметрам провальных воронок. К сожалению, некоторые специалисты ошибочно считают, что этот средний диаметр должен являться параметром проектирования конструктивной защиты вне зависимости от прогнозируемой вероятности образования провалов. Таким образом, сопоставление названных актуализированных Сводов правил говорит о практической необходимости увязки между собой положений «карстовых» разделов.

В заключение следует заметить, что эффективность работы по актуализации нормативных документов могла быть выше, если бы ей предшествовал анализ существующего положения в нашей стране и за рубежом с обсуждением проблем на специальном семинаре.

Литература

1. *Костарев В.М., Малахов В.Е.* Что изменилось, или несколько предложений к выполнению инженерно-геологических изысканий на закарстованных территориях // Материалы Международной научно-практической конференции «Комплексное использование и охрана подземных пространств», Кунгур, 26 -31 мая 2014 г. Пермь, 2014. С. 305-310.
2. Рекомендации по инженерно-геологическим изысканиям и оценке территорий в карстовых районах СССР. М.: ПНИИИС, 1967.
3. Рекомендации по проектированию фундаментов на закарстованных территориях. М.: НИИОСП, 1985.
4. Рекомендации по использованию инженерно-геологической информации при выборе способов противокарстовой защиты. М.: Стройиздат, 1987.
5. *Саваренский И.А., Миронов Н.А.* Руководство по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития карста. М.: ПНИИИС, 1995.
6. *Сорочан Е.А., Толмачёв В.В.* Нормативно-методическая база строительства в карстовых районах // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2006. № 6. С. 21-24.
7. *Сорочан Е.А., Толмачёв В.В.* Анализ аварий сооружений на закарстованных территориях // Труды Юбилейной конференции, посвящённой 50-летию РОМГГиФ «Российская геотехника – шаг в XXI век», Москва, 15-16 марта 2007 г. Том I. С. 154-159.
8. *Толмачёв В.В.* Проблемы инженерно-строительного освоения закарстованных территорий в свете требований Федеральных законов России // Проектирование и инженерные изыскания. 2011. № 1. С. 36-39.
9. *Толмачёв В.В.* Методы оценки карстовой опасности для строительных целей: состояние и перспективы // Геоэкология. 2012. №4. С. 354-363.
10. *Толмачёв В.В.* Принципы устойчивого развития территорий в карстовых районах и примеры из практики их реализации // Геоэкология. 2014. № 1. С. 3-8.
11. *Толмачёв В.В., Троицкий Г.М., Хоменко В.П.* Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий. М.: Стройиздат, 1986.
12. *Aderhold G.* Klassifikation von Erdfällen und Senkungsmulden in karstgefährdeten Gebieten Hessens – Empfehlungen zur Abschätzung des geotechnischen Risikos bei Baumassnahmen. Wiesbaden: HLUГ, 2005.
13. *Richardson J.* Local land use regulation of karst in the United States // ASCE, Geotechnical special publication No 122, 2003. P. 492-501.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИНЖЕНЕРНЫМ ИЗЫСКАНИЯМ ДЛЯ ПОДЗЕМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В г. МОСКВЕ

Н.Л. Шешеня

ОАО «Производственный и научно-исследовательский институт инженерных изысканий в строительстве». 105187, Москва, Окружной пр-д, 18. E-mail: sheshenya@mail.ru.

Общие сведения. В дополнение к МГСН 2.07-97 (Москва, 1998) [1], требования к комплексным инженерным изысканиям должны отличаться для подземных сооружений трех уровней: а) первого, максимально глубокого, где следует размещать инженерные коммуникации; б) второго, предназначенного для предприятий промышленности и энергетики; в) третьего, приповерхностного – для объектов транспортной инфраструктуры. При этом инженерные изыскания для всех подземных уровней выполняются по стадиям: предпроектной – обоснование схемы использования подземного пространства; разработки проектной (П) и рабочей (РД) документации.

По содержанию для каждого уровня размещения подземных сооружений (ПС) проводятся такие работы:

инженерно-геодезические и инженерно-геологические изыскания; геофизические исследования; инженерно-геологический мониторинг;

инженерно-экологические изыскания, которые включают: методику опробования грунтов и химико-аналитических, эколого-гидрогеологических, радиационно-экологических, химического загрязнения грунтов;

газогеохимические исследования, экологический мониторинг подземных вод и гидрогеологическое прогнозирование.

Одновременно необходимо анализировать инженерно-геологические и экологические условия размещения участков подземных и наземных зданий и сооружений, в том числе инженерных коммуникаций, включающие такие особенности:

геоморфологических условий – погребенные формы рельефа; строения, состояния и свойств грунтов геолого-генетических комплексов и инженерно-геологических формаций;

гидрогеологических условий; формирования, активизации и распространения опасных (ущербных) геологических процессов;

влияния названных особенностей на размещение подземных сооружений.

По результатам изысканий надлежит осуществлять прогнозные оценки: современного состояния, изменения опасных инженерно-геологических и геоэкологических процессов под воздействием строительства и эксплуатации подземных зданий и сооружений, в том числе: набухания, тиксотропного разжижения, плавунности; суффозионного разуплотнения грунтов, активизации карстово-суффозионных процессов; оползневых смещений грунтов в откосы подземных сооружений; подтопления (снижения) статических уров-

ней подземных вод; современного экологического состояния грунтов и подземных вод и его изменения под воздействием строительства и эксплуатации подземных зданий и сооружений; риска (уязвимости) проявлений данных процессов на подземные сооружения.

Полученная информация комплексных инженерных изысканий должна быть обоснованием для разработки проектной документации мероприятий инженерной защиты подземных сооружений от ущербных проявлений перечисленных выше опасных процессов и прогнозных оценок влияния подземных сооружений, включая сооружения инженерной защиты, на существующие наземные здания и сооружения.

Некоторые результаты обсуждения. Изучение особенностей геоморфологических условий территории и ее палеогеодинамической обстановки включает анализ развития рельефа в четвертичную эпоху, особенно, эрозионных форм – долин рек и оврагов (балок). Многие древние долины рек и оврагов были погребены под толщей покровных супесчано-суглинистых грунтов, а современные – засыпаны без учета гидрогеологических условий. Их техногенная засыпка часто выполнена без мероприятий отвода, дренированных эрозионными формами погребенного рельефа, подземных вод в виде мочажин, родников (нисходящих или восходящих), эпизодических (сезонных) или постоянно действующих ручьев по тальвегам оврагов, временных ручьев. Это стало причиной подтопления подземных частей зданий, построенных на этих участках, вероятной активизации оползней по бортам или по тальвегу оврагов, аварийных разрушений несущих конструкций зданий. Такой анализ изыскатели, как правило, не выполняют. Поэтому в подобных ситуациях ответственные здания могут оказаться висячими, располагаясь на крутых бортах засыпанных оврагов, как это было, например, с Дворцом пионеров в Ростове Великом, который испытал аварийные деформации во время его эксплуатации.

Под городом находятся погребенными более 200 болот и речек. Это одна из проблем, которая должна решаться при строительном освоении подземного пространства. Повсеместно используемая в городе технология «стена в грунте» в этих условиях неприемлема. Такая стена перекрывает водоток подземных вод и провоцирует образование пlyingунов и подтопление территории. Предсказать, куда пойдет водоток в таком случае, практически невозможно. Место, где он вымоет огромную дыру, становится известно только тогда, когда в нее что-нибудь провалится. К руслам древних погребенных рек эпизодически смещаются оползни, образуя подземные плотины, которые существенно ослабляют несущие свойства грунтов старой застройки Москвы. Все 240 карстово-суффозионных провалов, произошедшие в последние годы, являются результатом не учета при изысканиях отмеченных особенностей погребенного эрозионного (карстово-эрозионного) рельефа в г. Москве [2].

Участки, объединенные по подобию геоморфологических особенностей элементов рельефа, их относительного возраста будут иметь примерно одинаковые набор и мощность пород геолого-генетических комплексов, степень выветривания и разгрузки естественных напряжений массивов пород,

одинаковые вероятности образования таких процессов, как склоновых гравитационных, суффозионных, карстовых, набухания высокодисперсных глинистых грунтов, просадок лессовидных и т.д. Следовательно, указанный анализ позволит правильно разместить подземные коммуникации, здания или в пределах этих долин, или за их пределами, приняв проектные решения, исключая опасные проявления нежелательных ущербных процессов. При подземном освоении эрозионно-расчлененных территорий их планировка должна быть обоснована материалами карт-схем движения поверхностного и подземного стока четвертичных водоносных горизонтов с обязательной прогнозной оценкой подтопления территории и обоснованными мероприятиями инженерной защиты.

Стратиграфические особенности пород в пределах строительного освоения подземного пространства. Для территории г. Москвы основное внимание следует уделять сложно построенным толщам дисперсных образований, среди которых обособляются такие геолого-генетические комплексы четвертичных отложений и пород инженерно-геологических формаций как аллювиальные грунты, часто перекрытые с поверхности техногенными образованиями; пролювиальные грунты с техногенными образованиями; водно-ледниковые, моренные и озерно-ледниковые грунты; песчаные, глинистые и карбонатные породы юры и мела.

Пораженность территории определенным набором опасных природных и природно-техногенных процессов, условия их формирования, развития, активизации и величины риска освоения и эксплуатации территории при выборе мероприятий инженерной защиты от опасных природных и природно-техногенных геологических процессов.

Особую опасность для города представляют процессы суффозии и карста, которые проявляются на поверхности в виде провалов. В качестве примера можно назвать некоторые из них. В Москве на Ленинградском проспекте в районе дома 30 поздно вечером в воскресенье 10 сентября 2006 г. произошел провал грунта. Разрушена одна из коммуникационных стен, рухнула мачта городского освещения, оборвав троллейбусные провода. В образовавшуюся воронку провалился многотонный самосвал, припаркованный у обочины дороги. Причиной инцидента стало подтопление подземных коммуникаций. Год назад, 3 августа, в центре Москвы под землю провалилось дорожное полотно на Садовом кольце. Во втором ряду на внешней стороне Садового кольца вблизи дома номер 1 по Садово-Кудринской улице образовалась воронка общей площадью 5 м² глубиной 2 м. В нее на полном ходу влетел грузовый автомобиль. 11 апреля 2006. из-за суффозионного провала грунтов была перекрыта Даниловская набережная. Около 8.30 утра на одном из участков набережной провалилось покрытие, и из провала хлестала вода. Провал грунтов произошел из-за аварии на теплотрассе, которая проходит под набережной. Строительство подземного торгового комплекса на Манежной площади (1995-1996 гг.) спровоцировало оседания и обрушения подземных полостей в радиусе до 1,5 км. Иногда оседания сопровождались ощутимыми толчками, о которых сообщали очевидцы и которые фиксировали приборы. На зданиях

гостиниц «Москва» и «Националь», «Исторического музея» трещины видны невооруженным глазом [2].

Северо-западный район Москвы печально знаменит карстово-суффозионными процессами, которые «вдруг» начали проявляться на участке длиной 3,5 км и шириной 1,5 км, расположенном вдоль 1-й Магистральной улицы и Волгоградского шоссе. Скорость оседания земной поверхности, впервые отмеченного здесь в 1948 г, составляла 14-15 мм/год. К началу 1970-х гг. она уменьшилась до 2,5-4 мм/год, оставаясь заметно выше средней по Москве (1,5-2 мм/год) [3]. Данные процессы значительно осложняют строительное освоение третьего, приповерхностного уровня, предназначенного для объектов транспортной инфраструктуры. Наиболее опасной является территория, расположенная между улицами: Расплетина – на западе; Поликарпова и 1-го Хорошевского проезда – на востоке; ул. Маршала Соколовского и Тепличным переулком, южной окраиной Центрального аэродрома – на севере; Новохорошевским проездом и Хорошевским шоссе – на юге. Площадь этого участка составляет 4,3 км². Он является стационарным участком (Ходынский) наблюдений за оседанием поверхности земли в результате карстово-суффозионных явлений. Результаты высокоточного нивелирования 2003–2004 гг. позволяют сделать предположение о том, что период низкой активности карстово-суффозионных процессов, отмечавшийся на протяжении последних 5-7 лет, закончился. Основанием для подобного утверждения могут служить устойчивые (2003 г. и 2004 г.) повышенные (в 3 раза больше среднегодовых) оседания земной поверхности.

«Благоприятные» условия для развития карстово-суффозионных процессов отмечаются в районах, территориально расположенных от северо-западных границ города до Даниловской площади и Симоновского вала, а также вдоль русла р. Яузы и на отдельных локальных участках в нижнем течении р. Москвы (Северо-Западный, Северо-Восточный, Центральный и Юго-Восточный административные округа). Факты о поверхностных проявлениях карста здесь отсутствуют и при сохраняющемся уровне инженерно-хозяйственного воздействия на геологическую среду данные территории не являются потенциально-опасными для строительства. Однако нарушения гидрогеологической обстановки в этих районах вследствие изменения работы водозаборов, освоения подземного пространства и других форм воздействия могут привести к изменению устойчивости отдельных участков в отношении развития карстово-суффозионных процессов. Поэтому необходимо располагать непосредственными параметрами карстовых и суффозионных процессов в пределах каждого из трех уровней подземного строительного освоения с оценкой проявления данных процессов на поверхности. Пригодность освоения каждого участка надлежит оценивать с учетом экономической эффективности противокарстовой защиты.

Подтопление территории города также стало большой проблемой. Наиболее угрожающая ситуация складывается между Яузой и Ярославским шоссе, вдоль Щелковского, Дмитровского, Варшавского, шоссе Энтузиастов, между южным портом и Капотней, в Мневниках. В Лефортово подтаплива-

ются фундаменты госпиталя им. Н.Н. Бурденко и здания Академии бронетанковых войск. Городу уже сейчас приходится тратить на устранение последствий от подтопления около 30 млн. руб. ежегодно [3]. Одним из примеров отрицательного влияния на подземные сооружения процессов подтопления можно назвать воздействие подземного бункера глубиной 18 м Дворца Съездов. После его постройки на Кремлевском холме изменилась влажность деревянных свай под зданиями и соборами. Это означает, что циркуляция подземных вод на значительной части холма нарушилась. Затем последовали и провалы на территории Кремля.

Для прогнозов изменения инженерно-геологических условий в пределах изучаемой территории и для оценки риска нежелательных последствий от проявления опасных процессов необходимы данные: об архитектурных, конструктивных особенностях строительных объектов, их материале, жизненном цикле в ретроспективе; о физических полях – распределении естественных напряжений, магнитных и т.п.; о бывших и существующих природных и техногенных нагрузках и процессах. Указанная информация составляет представление о функциональном профиле деятельности человека в пределах рассматриваемых территорий. С учетом этого разрабатываются соответствующие мероприятия инженерной защиты.

Для получения перечисленной информации целесообразно ведение систем мониторинга за состоянием процессов, зданий, сооружений и работой систем инженерной защиты. В конце 2004 года Правительством Москвы было принято постановление «Об организации мониторинга геоэкологических процессов в городе Москве», которым на Департамент природопользования и охраны окружающей среды возлагаются функции государственного [4] заказчика по мониторингу геоэкологических процессов в городе Москве. Набор мероприятий этих систем будет разным (индивидуальным) для разных участков и количества процессов, их состояния, видов строительного освоения (типа зданий, их этажности, фундирования и вида освоения подземного пространства). Поэтому он должен разрабатываться для каждого случая индивидуально после получения вышеназванной информации. При соблюдении названных условий, территории любого осваиваемого подземного участка могут быть застроены строго определенным видом зданий и сооружений с мероприятиями защиты, которая зависит от величины различных видов риска проявления опасных процессов, величин экономических, социальных, моральных, экологических ущербов и задач дальнейшего хозяйственного освоения подземного пространства.

Литература

1. МГСН 2.07-97. «Основания, фундаменты и подземные сооружения» (М., 1998).
2. Хоменко В.П. Феномен «материнских» и «дочерних» карстовых провалов и его опасность для строительства // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 11. С. 10-12.
3. Никонов А.А. Подземные опасности в Москве // Природа. 2003. № 6.
4. Москва. Геология и город // Под ред. В.И. Осипова, О.П. Медведева. М., 1997.

УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

Krishna Keshav A., см. Галицкая И.В., с. 397

Mohan Rama K., см. Галицкая И.В., с. 397

Абатурова И.В., Емельянова И.А., Ковязин И.Г. Лито-техническая система «город – геологическая среда» и нарушение ее функционирования в результате развития природных и природно-техногенных процессов, с. 463

Абатурова И.В., см. Писецкий В.Б., с. 190

Абрамова Т.Т. Микробиологические процессы при эксплуатации подземного сооружения, с. 107

Абрамова Т.Т. Перспективы применения струйной технологии в подземном строительстве, с. 112

Абрамович О.К., см. Янков В.Н., с. 317

Алешин Ю.Г., Торгоев И.А. Опыт геофизического районирования устойчивости территории горного техногенеза, с. 214

Андреев Д.О., см. Кауркин М.Д., с. 256

Аникеев А.В. Оценка устойчивости карстовых районов на основе представлений об аккумуляционной емкости массива, с. 219

Анисимова Н.Г., см. Козлякова И.В., с. 259

Анисимова Н.Г., см. Мавлянова Н.Г., с. 159

Артиков Ф.Р., см. Туйчиева М.А., с. 98

Архипова Е.В., Жигалин А.Д. Влияние планировки на плотность электромагнитного смога малых городов по данным картирования магнитной индукции, с. 225

Архипова Е.В., см. Жигалин А.Д., с. 244

Ахметьева Н.П., Лапина Е.Е., Кудряшова В.В. Влияние г. Конаково на качество подземных вод, с. 322

Балакин В.А., Труфманова Е.П., Нагорная М.А. Современные представления о технологии проведения газогеохимических исследований, с. 527

- Батрак Г.И., Позднякова И.А., Дорошко А.Л.* Гидродинамический критерий выделения гидрогеологических окон, с. 7
- Батрак Г.И., см. Галицкая И.В., с. 328*
- Батрак Г.И., см. Галицкая И.В., с. 397*
- Батрак Г.И., см. Позднякова И.А., с. 88*
- Беляев В.Л.* Проблемы повышения безопасности и комплексности градостроительного проектирования объектов метрополитена как ключевого элемента развития городского подземного пространства (пример Москвы), с. 532
- Биктимирова К.А., см. Зайцев В.С., с. 139*
- Бондаренко Н.А., см. Любимова Т.В., с. 156*
- Бондаренко Р.Д., см. Егоров Я.А., с. 350*
- Боровков Ю.А., см. Норель Б.К., с. 180*
- Борсукова О.В., см. Чеснокова И.В., с. 101*
- Булдаков А.В., см. Булдакова Е.В., с. 537*
- Булдакова Е.В., Булдаков А.В.* Экологические ограничения для проектирования городского пространства, с. 537
- Булдакова Е.В., см. Заиканов В.Г., с. 248*
- Бурова В.Н., см. Осипов В.И., с. 76*
- Быстров Д.В., см. Стрельский Ф.П., с. 382*
- Вадачкоря О.А., см. Несмеянов С.А., с. 62*
- Васютин Л.А.* Воздействие урбанизации на изменения геокриологической среды в Забайкалье, с. 468
- Верхотуров А.Г., Верхотуров Г.Г.* Техногенное воздействие на подземные воды в районе г. Краснокаменск, с. 325
- Верхотуров Г.Г., см. Верхотуров А.Г., с. 325*
- Виноградова Т.Н., см. Яшков И.А., с. 458*
- Власов В.В., см. Писецкий В.Б., с. 190*
- Воейкова О.А., см. Несмеянов С.А., с. 62*
- Волков Ф.Е.* Использование метода защелачивания для укрепления водонасыщенных аллювиальных суглинков основания многоэтажного жилого дома, с. 117
- Вязкова О.Е.* Влияние культурного слоя на освоение территорий древних городов (на примере Пскова), с. 124

- Гавришин А.И.* О комплексном экологическом мониторинге урбанизированной территории и геологической среды, с. 471
- Гакаев Р.А.* Антропогенное оползнеобразование в селитебных ландшафтах Шатойской котловины, с. 230
- Галицкая И.В., Батрак Г.И., Еремина О.Н., Mohan Rama K., Krishna Keshav A.* Сравнительная оценка техногенного загрязнения грунтов зоны аэрации урбанизированных территорий в платформенных условиях (на примере гг. Москвы и Хайдерабада), с. 397
- Галицкая И.В., Коробейников Б.И., Батрак Г.И.* Гидрогеоэкологические проблемы в горнодобывающих районах России и Беларуси, с. 328
- Галицкая И.В., см. Позднякова И.А., с. 88*
- Галицкая И.В., см. Юганова Т.И., с. 452*
- Галкин А.Н., см. Красовская И.А., с. 500*
- Гальперин О.А., см. Зайцев В.С., с. 139*
- Гергарт Ю.А., см. Прокопов А.Ю., с. 195*
- Глобенко И.А., см. Осика И.В., с. 512*
- Горбунова Э.М.* Техногенное воздействие крупномасштабных экспериментов на подземные воды, с. 333
- Грибанова Л.П., Подлесных Н.П., Фахреев Р.М.* О необходимости рекультивации отработанных карьеров (на примере Московской области), с. 403
- Григорьева И.Ю.* Представление о геоэкологических условиях территорий в структуре свода правил по инженерно-экологическим изысканиям для строительства, с. 540
- Григорьева С.В., Макеев В.М., Коробова И.В.* Крупномасштабное картирование структурно-геодинамических условий города для принятия проектно-планировочных решений, с. 11
- Грязнов О.Н., Гуляев А.Н., Савинцев И.А., Черкасов С.А.* Инженерно-геологические условия г. Екатеринбурга как основа разработки и совершенствования Генерального плана развития города, с. 17
- Гуляев А.Н., см. Грязнов О.Н., с. 17*
- Гусева Т.В., Розенберг Н.К., Передерин В.П.* Исследование неравномерности деформирования фундамента исторического объекта, с. 476
- Давыдько Р.Б.* Некоторые результаты изучения поверхностных карстопроявлений на опорном участке в юго-западных окрестностях г. Дзержинска, с. 234

- Данзанова М.В.* Динамика слоя сезонного протаивания пород на слабонарушенных территориях долины Туймаада, с. 480
- Дашко Р.Э.* Инженерно-геологическая интерпретация подземного пространства как многокомпонентной среды – повышение безопасности его освоения и использования (на примере Санкт-Петербурга), с. 128
- Дашко Р.Э., Карпова Я.А.* Совершенствование подходов к оценке гидрогеологических исследований в составе инженерных изысканий на территориях мегаполисов (на примере Санкт-Петербурга), с. 338
- Дашко Р.Э., Котюков П.В.* Инженерно-геологический и гидрогеологический анализ особенностей эксплуатации перегонных тоннелей петербургского метрополитена в водоупорной толще вендского водоносного комплекса, с. 344
- Демидкова А.Н., см. Осика И.В., с. 512*
- Джураев Н.М., см. Туйчиева М.А., с. 98*
- Дорожко А.Л. Батрак Г.И., с. 7*
- Дорожко А.Л.* Структурно-геодинамические и тектонические критерии выявления и оценки гидрогеологических зон на примере Москвы, с. 24
- Дорожко А.Л., см. Позднякова И.А., с. 88*
- Дорохина Ю.А.* Применение геоинформационного моделирования при разработке карты техногенной нагрузки территории Рязанского месторождения подземных вод, с. 29
- Дробинина Е.В.* Физико-механические свойства перекрывающих дисперсных отложений в зависимости от морфометрии поверхностных карстовых форм, с. 134
- Дьяконов П.Ю., Михайлов А.П., Островский А.Б.* Проблемы совершенствования нормативных документов для оценки инженерно-геологических и условий, с. 544
- Егоров Ю.К., Зеркаль О.В., Кирилин М.В., Самарин Е.Н.* Оценка риска развития опасных геологических процессов на территории г. Москвы при инженерных изысканиях, с. 239
- Егоров Я.А., Чухлебов А.Н., Бондаренко Р.Д., Осипов Ю.Б.* Оценка техногенного воздействия на подземные воды в пределах г. Москвы и организация отраслевой системы ОМСН на примере «ВНИИХТ», с. 350
- Ёдгоров Ш.И., см. Туйчиева М.А., с. 98*
- Елохин В.А., см. Елохина О.В., с. 407*
- Елохин В.А., см. Ширинкин О.Ю., с. 391*

- Елохина О.В., Елохин В.А.* Строение и свойства грунтов, слагающих тело свалки твердых промышленных отходов, с. 407
- Елохина С.Н., Еремина Е.Д., Ширинкин О.Ю.* Комплексный мониторинг природно-технических систем как основа рекультивации слабоуплотняющихся техногенных грунтов, с. 410
- Елохина С.Н., Киндлер А.А., Кононученко А.И.* К вопросу паспортизации отработанных горных выработок, с. 33
- Емельянова И.А., см. Абатурова И.В., с. 463*
- Еремина Е.Д., см. Елохина С.Н., с. 410*
- Еремина О.Н., см. Галицкая И.В., с. 397*
- Еремина О.Н., см. Мавлянова Н.Г., с. 159*
- Ершов В.В., см. Земсков А.Н., с. 144*
- Жигалин А.Д., Архипова Е.В.* Практика оценки эколого-геофизических условий на территории городов, с. 244
- Жигалин А.Д., см. Архипова Е.В., с. 225*
- Заботкина Л.В., см. Пендин В.В., с. 518*
- Заиканов В.Г., Минакова Т.Б.* Геоэкологические ограничения и районирование урбанизированной территории для градостроительного проектирования, с. 549
- Заиканов В.Г., Минакова Т.Б., Булдакова Е.В., Заиканова И.Н.* Геоэкологическая оценка урбанизированной территории в зоне проявления опасных и катастрофических природных процессов, с. 248
- Заиканова И.Н., см. Заиканов В.Г., с. 248*
- Зайцев В.С., Гальперин О.А., Биктимирова К.А.* Мониторинг массива горных пород при подземном строительстве, с. 139
- Залыгина И.А., см. Рябова Л.Н., с. 433*
- Зверев В.П., Костилова И.А.* О гидрогеохимических особенностях развития экзогенных процессов на территории г. Березняки, с. 353
- Звиададзе У.И., Мардашова М.Л.* Оползневые явления в пределах застроенной части территории г. Тбилиси, с. 253
- Здобин Д.Ю.* О консистенции грунтов естественного сложения, с. 554
- Земсков А.Н., Ершов В.В., Кокорев О.Н.* Разработка способа комплексной обработки слабого грунта (с использованием минерально-матричной нанотехнологии) в процессе инженерной подготовки участка строительства квартала №16 СУН, с. 144

- Зеркаль О.В., см. Егоров Ю.К., с. 239*
- Зудилин А.Э., см. Писецкий В.Б., с. 190*
- Иванов А.В., см. Яшков И.А., с. 458*
- Казначеев П.А., см. Камшилин А.Н., с. 485*
- Кальбергенов Р.Г., см. Кутергин В.Н., с. 150*
- Камшилин А.Н., Казначеев П.А. Об особенностях методики активного геоэлектрического мониторинга в условиях городских агломераций, с. 485*
- Карпенко Ф.С., см. Кутергин В.Н., с. 150*
- Карпенко Ф.С., см. Хмелевцов А. А., с. 209*
- Карпова Я.А., см. Дашко Р.Э., с. 338*
- Карфидова Е.А., см. Осипов В.И., с. 76*
- Кауркин М.Д., Андреев Д.О. Перспективы развития метода регистрации микросейсм для оценки сейсмичности урбанизированных территорий, с. 256*
- Кашиперюк А.А., см. Кашиперюк П.И., с. 490*
- Кашиперюк П.И., Кашиперюк А.А. Формирование температурных полей на ранее освоенных и повторно используемых городских территориях и их влияние на прогноз изменения деформационных свойств глинистых грунтов в процессе строительства и эксплуатации подземных сооружений, с. 490*
- Киндлер А.А., см. Елохина С.Н., с. 33*
- Кирилин М.В., см. Егоров Ю.К., с. 239*
- Ковязин И.Г., см. Абатурова И.В., с. 463*
- Ковязин И.Г., см. Савинцев И.А., с. 298*
- Кожевникова И.А., см. Козлякова И.В., с. 259*
- Кожевникова И.А., см. Мавлянова Н.Г., с. 159*
- Козловский С.В. Системные тенденции в практике обеспечения исследования геологической среды урбанизированных территорий при освоении подземного пространства центрального региона Российской Федерации, с. 147*
- Козловский С.В. Условия и проблемы совершенствования нормативной документации при исследованиях геологической среды с целью проектирования объектов различного назначения на урбанизированных территориях, с. 561*
- Козлякова И.В., Кожевникова И.А., Анисимова Н.Г. Провалы и оседания земной поверхности на территории г. Москвы, с. 259*

- Козлякова И.В., Миронов О.К.* Карта районирования территории Москвы по геологическим условиям подземного строительства, с. 38
- Козлякова И.В., см. Мавлянова Н.Г., с. 159*
- Кокорев О.Н., см. Земсков А.Н., с. 144*
- Комарова Н.Г.* Некоторые новые позиции в оценке рисков урбанизированных территорий, с. 265
- Кононученко А.И., см. Елохина С.Н., с. 33*
- Коробейников Б.И., см. Галицкая И.В., с. 328*
- Коробова И.В., см. Григорьева С.В., с. 11*
- Королев В.А., Кузнецова Н.В.* Оценка устойчивости исторических литотехнических систем в системе их мониторинга, с. 495
- Королев В.А., см. Шумкина Ю.А., с. 522*
- Косинова И.И., Соколова Т.В.* Гранулометрический состав донных отложений как фактор формирования эколого-геохимических аномалий, с. 414
- Косинова И.И., Фонова С.И.* Исследование загрязнения тяжелыми металлами поверхностного слоя почвы придорожной территории автодороги М-4 в Воронежской области, с. 418
- Костикова И.А., см. Зверев В.П., с. 353*
- Костикова И.А., см. Позднякова И.А., с. 88*
- Котюков П.В. см. Дашко Р.Э., с. 344*
- Красовская И.А., Торбенко А.Б., Галкин А.Н.* Особенности организации мониторинга овражно-балочных систем Витебска как объектов природно-техногенных опасностей, с. 500
- Крестин Б.М., Мальнева И.В.* Оценка природно-техногенных опасностей на территории Большого Сочи в 2014 году и в ближайшем десятилетии, с. 268
- Крутских Н.В.* Интегральная оценка состояния компонентов экогеосистемы как основа разработки мониторинга урбанизированных территорий, с. 422
- Кудряшова В.В., Ахметьева Н.П., с. 322*
- Кузин А.Г., см. Яшков И.А., с. 458*
- Кузнецова Н.В. см. Королев В.А., с. 495*
- Кутепов Ю.И., см. Стрельский Ф.П., с. 382*

Кутергин В.Н., Кальбергенов Р.Г., Карпенко Ф.С., Мерзляков В.П. Оценка слоистых грунтовых оснований высотных сооружений с позиций теории композитов, с. 150

Лапина Е.Е., Ахметьева Н.П., с. 322

Ларионова Н.А. Влияние целлюлозно-бумажной промышленности на загрязнение подземных вод, с. 358

Ларионова Н.А. Золоотвалы – источники загрязнения подземных вод, с. 363

Ли Пэйчен, см. Ли Цзюньюань, с. 368

Ли Цзюньюань, Ли Пэйчен, Лисенков А.Б., Молоканова К.Э. Оценка техногенного воздействия на подземные воды урбанизированных территорий в пределах орошаемого района провинции Шэнси (северо-запад КНР), с. 368

Лисенков А.Б., см. Ли Цзюньюань, с. 368

Литау В.В., Таловская А.В., Язиков Е.Г. Приток микроэлементов с зимними атмосферными выпадениями на территорию г. Омска, с. 425

Локтев Д.Н., Соловьев С.П., Спивак А.А. Центр геофизического мониторинга г. Москвы ИДГ РАН, с. 504

Любарский Н.Н., см. Маций С.И., с. 565

Любимова Т.В., Бондаренко Н.А. Учет инженерно-геологических особенностей для проектирования и строительства высотных зданий и освоения подземного пространства на территории г. Краснодара, с. 156

Мавлянова Н.Г., Козлякова И.В., Анисимова Н.Г., Еремина О.Н., Кожевникова И.А. Проблемы освоения подземного пространства урбанизированных территорий, с. 159

Макеев В.М., см. Григорьева С.В., с. 11

Максимович Н.Г., Хайрулина Е.А. Гидрогеологические факторы при экологической оценке лесопарковой зоны крупного промышленного города, с. 372

Мальнева И.В., см. Крестин Б.М., с. 268

Мамаев Ю.А., Ястребов А.А. Методологические подходы к составлению новых инженерно-геологических карт, с. 41

Мардашова М.Л., см. Звиададзе У.И., с. 253

Мартыненко М.С., см. Писецкий В.Б., с. 190

Матвеева Л.А., см. Позднякова И.А., с. 88

Махнатов С.А. Изучение карстовой опасности при размещении метрополитена в Мещерском микрорайоне г. Нижний Новгород, с. 272

- Маций С.И., Михеева Л.А., Любарский Н.Н.* Особенности расчета параметров селевых потоков на Черноморском побережье Краснодарского края, с. 565
- Мележ Т.А., см. Флерко Т.Г., с. 300*
- Мерзляков В.П., см. Кутергин В.Н., с. 150*
- Минакова Т.Б., см. Заиканов В.Г., с. 248*
- Минакова Т.Б., см. Заиканов В.Г., с. 549*
- Минакова Т.Б., Толстая Ю.П., Сависько И.С., Рябенко А.Е.* Оценка градоэкологических ограничений на городской территории, с. 45
- Миняева Ю.В.* Оценка защищенности подземных вод от многокомпонентного загрязнения в естественных и техногенных условиях, с. 377
- Мионов О.К.* Трехмерная модель дочетвертичных отложений на территории Москвы, с. 51
- Мионов О.К., см. Козлякова И.В., с. 38*
- Мионов О.К., см. Позднякова И.А., с. 88*
- Мионюк С.Г., Озмидов О.Р.* Опыт оценки динамической устойчивости грунтов оснований объектов инфраструктуры морского порта Темрюк, с. 166
- Михайлов А.П., см. Дьяконов П.Ю., с. 544*
- Михеева Л.А., см. Маций С.И., с. 565*
- Мокрицкая Т.П.* О моделировании изменения свойств просадочных грунтов в прогностических целях, с. 171
- Молодых Ив.И.* Современные инженерно-геологические карты мелкого масштаба как основа безопасного развития урбанизированных территорий, с. 57
- Молоканова К.Э. см. Ли Цзюньюань, с. 368*
- Мурий А.А., см. Несмеянов С.А., с. 62*
- Нагорная М.А., см. Балакин В.А., с. 527*
- Нагорная М.А., см. Огородникова Е.Н., с. 185*
- Невечера В.В.* Мониторинг исторической природно-технической системы «Северо-Двинской водный путь» в связи с ее реконструкцией, с. 508
- Несмеянов С.А.* Принципы выделения сейсмогенерирующих структур на Восточно-Европейской платформе, с. 277
- Несмеянов С.А., Вадачкоря О.А., Воейкова О.А., Мурий А.А.* Структурно-геоморфологическая основа крупномасштабного картирования в горных областях, с. 62

Несынов В.В. Методические особенности ультразвуковой керноскопии на поперечных волнах при инженерно-геологических изысканиях, с. 175

Николаева С.К., см. Огородникова Е.Н., с. 185

Николаева Т.Н., см. Норова Л.П., с. 66

Никонов А.А. К оценке сейсмических воздействий от удаленных глубокофокусных землетрясений на высоких этажах зданий Москвы, с. 282

Никонорова И.В., см. Петров Н.Ф., с. 82

Новосельцев А.В. Разработка и применение расчетно-графического комплекса «ВРГ» в рамках геоэкологического картирования урбанизированных территорий, с. 430

Норель Б.К., Боровков Ю.А. Определение параметров изменения механического состояния горных пород при их объемном нагружении (паспорт прочности), с. 180

Норова Л.П., Николаева Т.Н. Природные факторы как основа типизации при проведении региональных инженерно-геологических исследований на городских территориях, с. 66

Огородникова Е.Н., Николаева С.К., Нагорная М.А., Труфманова Е.П. Техногенные грунты городских агломераций, с. 185

Озмидов О.Р., см. Миронюк С.Г., с. 166

Ольховатенко В.Е., Рутман М.Г., Чернышова Н.А. Природно-техногенные опасности на территории г. Томска, с. 71

Осика И.В., Глобенко И.А., Демидкова А.Н., Строганов С.А. К вопросу эволюции инженерно-геологических условий, с. 512

Осипов В.И. Введение, с. 5

Осипов В.И., Бурова В.Н., Карфидова Е.А. Формирование сведений о геоэкологических условиях в границах кадастрового деления территории г. Москвы, с. 76

Осипов Ю.Б., см. Егоров Я.А., с. 350

Осокин А.И., см. Стрельский Ф.П., с. 382

Островский А.Б., см. Дьяконов П.Ю., с. 544

Павловский А.И., см. Флерко Т.Г., с. 300

Патрушев Ю.В., см. Писецкий В.Б., с. 190

Пендин В.В., Заботкина Л.В., Подборская В.О. Опыт создания систем мониторинга локальных исторических ПТС в музеях-заповедниках Ростова, Рязани, Кириллова, с. 518

Передерин В.П., см. Гусева Т.В., с. 476

Петров Н.Ф., Никонорова И.В., Прокопьева Н.А. Крупномасштабные инженерно-геологические карты – основа строительного освоения оползнеопасных склонов (на примере VI МКР «Центр» в г. Чебоксары Чувашской Республики), с. 82

Петрова И.Г., см. Савинцев И.А., с. 298

Писецкий В.Б., Абатурова И.В., Власов В.В., Мартыненко М.С., Зудилин А.Э., Патрушев Ю.В. Сейсмический мониторинг процессов строительства и эксплуатации подземных сооружений на основе системы МИКОН-ГЕО, с. 190

Подборская В.О., см. Пендин В.В., с. 518

Подгорная Т.И. Геоэкологические аспекты изменения геологической среды в городах Приамурья в результате катастрофического наводнения 2013 г., с. 287

Подлесных Н.П., см. Грибанова Л.П., с. 403

Позднякова И.А., Галицкая И.В., Миронов О.К., Костикова И.А., Дорошко А.Л., Батрак Г.И., Матвеева Л.А., Фессель К.И. Крупномасштабное картирование гидрогеологических окон как основа для разработки и осуществления водоохраных мероприятий на территории г. Москвы, с. 88

Позднякова И.А., см. Батрак Г.И. с. 7

Прокопов А.Ю., Гергарт Ю.А. Алгоритм экспресс-метода определения крепости скальных пород в массиве на примере инженерно-геологических условий Рокского тоннеля, с. 195

Прокопьева Н.А., см. Петров Н.Ф., с. 82

Путилина В.С., см. Юганова Т.И., с. 452

Пырченко В.А. Оценка уязвимости строительных объектов от процесса подтопления, с. 292

Редина М.М., см. Хаустов А.П., с. 445

Ремнёв А.В., см. Ремнёв В.В., с. 200

Ремнёв В.В., Ремнёв А.В. Устройство качественной гидроизоляции при строительстве метрополитена «открытым» способом в условиях плотной городской застройки, с. 200

Розенберг Н.К., см. Гусева Т.В., с. 476

- Рутман М.Г., см. Ольховатенко В.Е., с. 71*
- Рябенко А.Е., см. Минакова Т.Б., с. 45*
- Рябова Л.Н., Залыгина И.А. Комплексные эколого-геохимические исследования природно-техногенных систем в Беларуси, с. 433*
- Рязанцев П.А. Эколого-геологическое изучение техногенно нагруженных территорий на основе геоэлектрических моделей, с. 437*
- Ряценко Т.Г. Грунтовые толщи территории Иркутска: типизация и оценка устойчивости при инженерно-геоэкологическом картографировании, с. 93*
- Савинцев И.А., см. Грязнов О.Н., с. 17*
- Савинцев И.А., Стороженко Л.А., Ковязин И.Г., Петрова И.Г. Закономерности формирования овражной эрозии на склонах строительства спортивных объектов г. Ханты-Мансийска, с. 298*
- Сависько И.С., см. Минакова Т.Б., с. 45*
- Самарин Е.Н. см. Егоров Ю.К., с. 239*
- Сапаров А., см. Туйчиева М.А., с. 98*
- Смирнов Л.К. см. Стрельский Ф.П., с. 382*
- Соколова Т.В., см. Косинова И.И., с. 414*
- Соловьев С.П., см. Локтев Д.Н., с. 504*
- Спивак А.А., см. Локтев Д.Н., с. 504*
- Стороженко Л.А., см. Савинцев И.А., с. 298*
- Стрельский Ф.П., Кутепов Ю.И., Осокин А.И., Быстров Д.В., Смирнов Л.К. Гидрогеологическое сопровождение строительства подземного многоуровневого паркинга в хорошо водопроницаемых грунтах, гидравлически связанных с Невой в Санкт-Петербурге, с. 382*
- Строганов С.А., см. Осика И.В., с. 512*
- Сунгатуллин Р.Х. Техногенез и трансформация химического состава подземной гидросферы Казани, с. 388*
- Таловская А.В., см. Литая В.В., с. 425*
- Толмачёв В.В. О недостатках существующих нормативно-методических документов в области инженерно-строительного освоения закарстованных территорий в городах, с. 571*
- Толстая Ю.П., см. Минакова Т.Б., с. 45*
- Торбенко А.Б., см. Красовская И.А., с. 500*

- Торгоев И.А., см. Алешин Ю.Г., с. 214*
- Труфманова Е.П., см. Балакин В.А., с. 527*
- Труфманова Е.П., см. Огородникова Е.Н., с. 185*
- Туйчиева М.А., Джурсаев Н.М., Сапаров А., Ёдгоров Ш.И., Артиков Ф.Р., Хусамиддинов А.С. Оценка комплексного геологического риска на урбанизированных территориях Западного Узбекистана (на примере территории г. Карши и его окрестностей), с. 98*
- Удалов И.В. Эколого-геологические особенности распределения токсичных и «малых» элементов в отходах горнопромышленных предприятий Луганской области, с. 440*
- Уткин М.М. Определение диаметров карстово-провальных деформаций для проектирования противокарстовой защиты сооружений метрополитена, с. 203*
- Фахреев Р.М., см. Грибанова Л.П., с. 403*
- Фессель К.И., см. Позднякова И.А., с. 88*
- Флерко Т.Г., Павловский А.И., Мележ Т.А. Условия инженерного освоения пригородной зоны г. Гомеля, с. 300*
- Фонова С.И., см. Косинова И.И., с. 418*
- Хайрулина Е.А., см. Максимович Н.Г., с. 372*
- Харькина М.А. Геоэкологические проблемы городов России в связи с трансформацией экологической геодинамической функции абиотических сфер Земли, с. 307*
- Хаустов А.П., Редина М.М. Мониторинг углеводородного загрязнения природно-техногенных систем на основе индикаторных соотношений ПАУ, с. 445*
- Хмелевцов А. А., Карпенко Ф.С. Оценка изменения свойств грунтовых массивов при их строительном освоении (на примере аргиллитоподобных глин г. Сочи), с. 209*
- Хусамиддинов А.С. см. Туйчиева М.А., с. 98*
- Черкасов С.А. см. Грязнов О.Н., с. 17*
- Чернышова Н.А., см. Ольховатенко В.Е., с. 71*
- Ческидов В.В. Оценка устойчивости оползневых склонов в районе железнодорожного вокзала Альпика-сервис, с. 312*

Чеснокова И.В., Борсукова О.В. Инженерно-геологическое районирование для составления карты сейсмического риска территории г. Владивостока, с. 101

Чухлебов А.Н., см. Егоров Я.А., с. 350

Шешеня Н.Л. Основные требования к инженерным изысканиям для подземного строительства в Москве, с. 576

Ширинкин О.Ю., Елохин В.А. Оценка воздействия электролизного и глиноземного производства на качество подземных вод и физические свойства оснований и фундаментов, с. 391

Ширинкин О.Ю., см. Елохина С.Н., с. 410

Шумкина Ю.А., Королев В.А. Биоиндикационный мониторинг природно-технических систем урбанизированных территорий, с. 522

Юганова Т.И., Галицкая И.В., Путилина В.С. Оценка миграции кадмия в зоне аэрации на участке бывших Люблинских полей фильтрации, с. 452

Язиков Е.Г., см. Литая В.В., с. 425

Янков В.Н., Абрамович О.К. О необходимости учета геодинамического состояния геологической среды городских агломераций на примере территории г. Гомеля, с. 317

Ястребов А.А., см. Мамаев Ю.А., с. 41

Яшков И.А., Иванов А.В., Виноградова Т.Н., Кузин А.Г. Опыт геоэкологического анализа свалочного тела в условиях урбанизированной территории (на примере г. Саратова), с. 458

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ (В.И. Осипов)	5
1. КРУПНОМАСШТАБНОЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА РАЗРАБОТКИ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА ГОРОДОВ	7
<i>Батрак Г.И., Позднякова И.А., Дорожко А.Л.</i> Гидродинамический критерий выделения гидрогеологических окон.....	7
<i>Григорьева С.В., Макеев В.М., Коробова И.В.</i> Крупномасштабное картирование структурно-геодинамических условий города для принятия проектно-планировочных решений.....	11
<i>Грязнов О.Н., Гуляев А.Н., Савинцев И.А., Черкасов С.А.</i> Инженерно-геологические условия г. Екатеринбурга как основа разработки и совершенствования Генерального плана развития города.....	17
<i>Дорожко А.Л.</i> Структурно-геодинамические и тектонические критерии выявления и оценки гидрогеологических окон на примере Москвы.....	24
<i>Дорохина Ю.А.</i> Применение геоинформационного моделирования при разработке карты техногенной нагрузки территории Рязанского месторождения подземных вод.....	29
<i>Елохина С.Н., Киндлер А.А., Кононученко А.И.</i> К вопросу паспортизации отработанных горных выработок.....	33
<i>Козлякова И.В., Миронов О.К.</i> Карта районирования территории Москвы по геологическим условиям подземного строительства.....	38
<i>Мамаев Ю.А., Ястребов А.А.</i> Методологические подходы к составлению новых инженерно-геологических карт.....	41
<i>Минакова Т.Б., Толстая Ю.П., Сависько И.С., Рябенко А.Е.</i> Оценка градоэкологических ограничений на городской территории.....	45
<i>Миронов О.К.</i> Трехмерная модель дочетвертичных отложений на территории Москвы.....	51
<i>Молодых Ив.И.</i> Современные инженерно-геологические карты мелкого масштаба как основа безопасного развития урбанизированных территорий.....	57
<i>Несмеянов С.А., Вадачкоря О.А., Воейкова О.А., Мурый А.А.</i> Структурно-геоморфологическая основа крупномасштабного картирования в горных областях.....	62

<i>Норова Л.П., Николаева Т.Н.</i> Природные факторы как основа типизации при проведении региональных инженерно-геологических исследований на городских территориях	66
<i>Ольховатенко В.Е., Рутман М.Г., Чернышова Н.А.</i> Природно-техногенные опасности на территории г. Томска	71
<i>Осинов В.И., Бурова В.Н., Карфидова Е.А.</i> Формирование сведений о геоэкологических условиях в границах кадастрового деления территории г. Москвы	76
<i>Петров Н.Ф., Никонорова И.В., Прокопьева Н.А.</i> Крупномасштабные инженерно-геологические карты – основа строительного освоения оползнеопасных склонов (на примере VI МКР "Центр" в г. Чебоксары Чувашской Республики)	82
<i>Позднякова И.А., Галицкая И.В., Миронов О.К., Костикова И.А., Дорожко А.Л., Батрак Г.И., Матвеева Л.А., Фессель К.И.</i> Крупномасштабное картирование гидрогеологических окон как основа для разработки и осуществления водоохраных мероприятий на территории г. Москвы	88
<i>Рященко Т.Г.</i> Грунтовые толщи территории Иркутска: типизация и оценка устойчивости при инженерно-геоэкологическом картографировании	93
<i>Туйчиева М.А., Джураев Н.М., Сапаров А., Ёдгоров Ш.И., Артиков Ф.Р., Хусамиддинов А.С.</i> Оценка комплексного геологического риска на урбанизированных территориях Западного Узбекистана (на примере территории г. Карши и его окрестностей)	98
<i>Чеснокова И.В., Борсукова О.В.</i> Инженерно-геологическое районирование для составления карты сейсмического риска территории г. Владивостока	101
2. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ГОРОДОВ	107
<i>Абрамова Т.Т.</i> Микробиологические процессы при эксплуатации подземного сооружения	107
<i>Абрамова Т.Т.</i> Перспективы применения струйной технологии в подземном строительстве	112
<i>Волков Ф.Е.</i> Использование метода зашпачивания для укрепления водонасыщенных аллювиальных суглинков основания многоэтажного жилого дома	117
<i>Вязкова О.Е.</i> Влияние культурного слоя на освоение территорий древних городов (на примере Пскова)	124

<i>Дашко Р.Э.</i> Инженерно-геологическая интерпретация подземного пространства как многокомпонентной среды – повышение безопасности его освоения и использования (на примере Санкт-Петербурга)	128
<i>Дробинина Е.В.</i> Физико-механические свойства перекрывающих дисперсных отложений в зависимости от морфометрии поверхностных карстовых форм	134
<i>Зайцев В.С., Гальперин О.А., Биктимирова К.А.</i> Мониторинг массива горных пород при подземном строительстве	139
<i>Земсков А.Н., Ершов В.В., Кокорев О.Н.</i> Разработка способа комплексной обработки слабого грунта (с использованием минерально-матричной нанотехнологии) в процессе инженерной подготовки участка строительства квартала №16 СУН	144
<i>Козловский С.В.</i> Системные тенденции в практике обеспечения исследования геологической среды урбанизированных территорий при освоении подземного пространства центрального региона Российской Федерации	147
<i>Кутергин В.Н., Кальбергенов Р.Г., Карпенко Ф.С., Мерзляков В.П.</i> Оценка слоистых грунтовых оснований высотных сооружений с позиций теории композитов	150
<i>Любимова Т.В., Бондаренко Н.А.</i> Учет инженерно-геологических особенностей для проектирования и строительства высотных зданий и освоения подземного пространства на территории г. Краснодара	156
<i>Мавлянова Н.Г., Козлякова И.В., Анисимова Н.Г., Еремина О.Н., Кожевникова И.А.</i> Проблемы освоения подземного пространства урбанизированных территорий	159
<i>Миронюк С.Г., Озмидов О.Р.</i> Опыт оценки динамической устойчивости грунтов оснований объектов инфраструктуры морского порта Темрюк	166
<i>Мокрицкая Т.П.</i> О моделировании изменения свойств просадочных грунтов в прогностических целях	171
<i>Несынов В.В.</i> Методические особенности ультразвуковой керноскопии на поперечных волнах при инженерно-геологических изысканиях	175
<i>Норель Б.К., Боровков Ю.А.</i> Определение параметров изменения механического состояния горных пород при их объемном нагружении (паспорт прочности)	180
<i>Огородникова Е.Н., Николаева С.К., Нагорная М.А., Труфманова Е.П.</i> Техногенные грунты городских агломераций	185

<i>Писецкий В.Б., Абатурова И.В., Власов В.В., Мартыненко М.С., Зудилин А.Э., Патрушев Ю.В.</i> Сейсмический мониторинг процессов строительства и эксплуатации подземных сооружений на основе системы Микон-ГЕО	190
<i>Прокопов А.Ю., Гергарт Ю.А.</i> Алгоритм экспресс-метода определения крепости скальных пород в массиве на примере инженерно-геологических условий Рокского тоннеля	195
<i>Ремнёв В.В., Ремнёв А.В.</i> Устройство качественной гидроизоляции при строительстве метрополитена «открытым» способом в условиях плотной городской застройки	200
<i>Уткин М.М.</i> Определение диаметров карстово-провальных деформаций для проектирования противокарстовой защиты сооружений метрополитена	203
<i>Хмелевцов А. А., Карпенко Ф.С.</i> Оценка изменения свойств грунтовых массивов при их строительном освоении (на примере аргиллитоподобных глин г. Сочи).....	209
3. ПРИРОДНЫЕ И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫЕ ОПАСНОСТИ; ОЦЕНКА ПРИРОДНЫХ РИСКОВ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ	214
<i>Алешин Ю.Г., Торгоев И.А.</i> Опыт геофизического районирования устойчивости территории горного техногенеза	214
<i>Аникеев А.В.</i> Оценка устойчивости карстовых районов на основе представлений об аккумуляционной емкости массива	219
<i>Архипова Е.В., Жигалин А.Д.</i> Влияние планировки на плотность электромагнитного смога малых городов по данным картирования магнитной индукции	225
<i>Гакаев Р.А.</i> Антропогенное оползнеобразование в селитебных ландшафтах Шатойской котловины	230
<i>Давыдько Р. Б.</i> Некоторые результаты изучения поверхностных карстопроявлений на опорном участке в юго-западных окрестностях г. Дзержинска	234
<i>Егоров Ю.К., Зеркаль О.В., Кирич М.В., Самарин Е.Н.</i> Оценка риска развития опасных геологических процессов на территории г. Москвы при инженерных изысканиях	239
<i>Жигалин А.Д., Архипова Е.В.</i> Практика оценки эколого-геофизических условий на территории городов	244
<i>Заиканов В.Г., Минакова Т.Б., Булдакова Е.В., Заиканова И.Н.</i> Геоэкологическая оценка урбанизированной территории в зоне проявления опасных и катастрофических природных процессов	248

<i>Звиададзе У.И., Мардашова М.Л.</i> Оползневые явления в пределах застроенной части территории г. Тбилиси	253
<i>Кауркин М.Д., Андреев Д.О.</i> Перспективы развития метода регистрации микросейсм для оценки сейсмичности урбанизированных территорий	256
<i>Козлякова И.В., Кожевникова И.А., Анисимова Н.Г.</i> Провалы и оседания земной поверхности на территории г. Москвы	259
<i>Комарова Н.Г.</i> Некоторые новые позиции в оценке рисков урбанизированных территорий	265
<i>Крестин Б.М., Мальнева И.В.</i> Оценка природно-техногенных опасностей на территории Большого Сочи в 2014 г. и в ближайшем десятилетии	268
<i>Махнатов С.А.</i> Изучение карстовой опасности при размещении метрополитена в Мещерском микрорайоне г. Нижний Новгород	272
<i>Несмеянов С.А.</i> Принципы выделения сейсмогенерирующих структур на Восточно-Европейской платформе	277
<i>Никонов А.А.</i> К оценке сейсмических воздействий от удаленных глубокофокусных землетрясений на высоких этажах зданий Москвы	282
<i>Подгорная Т.И.</i> Геоэкологические аспекты изменения геологической среды в городах Приамурья в результате катастрофического наводнения 2013 г.	287
<i>Пырченко В.А.</i> Оценка уязвимости строительных объектов от процесса подтопления	292
<i>Савинцев И.А., Стороженко Л.А., Ковязин И.Г., Петрова И.Г.</i> Закономерности формирования овражной эрозии на склонах строительства спортивных объектов г. Ханты-Мансийска	298
<i>Флерко Т.Г., Павловский А.И., Мележ Т.А.</i> Условия инженерного освоения пригородной зоны г. Гомеля	300
<i>Харькина М.А.</i> Геоэкологические проблемы городов России в связи с трансформацией экологической геодинамической функции биотических сфер Земли	307
<i>Ческидов В.В.</i> Оценка устойчивости оползневых склонов в районе железнодорожного вокзала Альпика-сервис	312
<i>Янков В.Н., Абрамович О.К.</i> О необходимости учета геодинамического состояния геологической среды городских агломераций на примере территории г. Гомеля	317

4. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ	322
<i>Ахметьева Н.П., Лапина Е.Е., Кудряшова В.В.</i> Влияние г. Конаково на качество подземных вод	322
<i>Верхотуров А.Г., Верхотуров Г.Г.</i> Техногенное воздействие на подземные воды в районе г. Краснокаменск	325
<i>Галицкая И.В., Коробейников Б.И., Батрак Г.И.</i> Гидрогеоэкологические проблемы в горнодобывающих районах России и Беларуси	328
<i>Горбунова Э.М.</i> Техногенное воздействие крупномасштабных экспериментов на подземные воды	333
<i>Дашко Р.Э., Карпова Я.А.</i> Совершенствование подходов к оценке гидрогеологических исследований в составе инженерных изысканий на территориях мегаполисов (на примере Санкт-Петербурга)	338
<i>Дашко Р.Э., Котюков П.В.</i> Инженерно-геологический и гидрогеологический анализ особенностей эксплуатации перегонных тоннелей петербургского метрополитена в водоупорной толще вендского водоносного комплекса	344
<i>Егоров Я.А., Чухлебов А.Н., Бондаренко Р.Д., Осипов Ю.Б.</i> Оценка техногенного воздействия на подземные воды в пределах г. Москвы и организация отраслевой системы ОМСН на примере «ВНИИХТ»	350
<i>Зверев В.П., Костилова И.А.</i> О гидрогеохимических особенностях развития экзогенных процессов на территории г. Березняки	353
<i>Ларионова Н.А.</i> Влияние целлюлозно-бумажной промышленности на загрязнение подземных вод	358
<i>Ларионова Н.А.</i> Золоотвалы – источники загрязнения подземных вод	363
<i>Ли Цзюньюань, Ли Пэйчен, Лисенков А.Б., Молоканова К.Э.</i> Оценка техногенного воздействия на подземные воды урбанизированных территорий в пределах орошаемого района провинции Шэнси (северо-запад КНР)	368
<i>Максимович Н.Г., Хайрулина Е.А.</i> Гидрогеологические факторы при экологической оценке лесопарковой зоны крупного промышленного города	372
<i>Миняева Ю.В.</i> Оценка защищенности подземных вод от многокомпонентного загрязнения в естественных и техногенных условиях	377
<i>Стрельский Ф.П., Кутепов Ю.И., Осокин А.И., Быстров Д.В., Смирнов Л.К.</i> Гидрогеологическое сопровождение строительства подземного многоуровневого паркинга в хорошо водопроницаемых грунтах, гидравлически связанных с Невой в Санкт-Петербурге	382

<i>Сунгатуллин Р.Х.</i> Техногенез и трансформация химического состава подземной гидросферы Казани	388
<i>Ширинкин О.Ю., Елохин В.А.</i> Оценка воздействия электролизного и глиноземного производства на качество подземных вод и физические свойства оснований и фундаментов	391
5. ЗАГРЯЗНЕНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ И ОСВАИВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ	397
<i>Галицкая И.В., Батрак Г.И., Еремина О.Н., K. Rama Mohan, A. Keshav Krishna</i> Сравнительная оценка техногенного загрязнения грунтов зоны аэрации урбанизированных территорий в платформенных условиях (на примере гг. Москвы и Хайдерабада)	397
<i>Грибанова Л.П., Подлесных Н.П., Фахреев Р.М.</i> О необходимости рекультивации отработанных карьеров (на примере Московской области)	403
<i>Елохина О.В., Елохин В.А.</i> Строение и свойства грунтов, слагающих тело свалки твердых промышленных отходов	407
<i>Елохина С.Н., Еремина Е.Д., Ширинкин О.Ю.</i> Комплексный мониторинг природно-технических систем как основа рекультивации слабоуплотняющихся техногенных грунтов	410
<i>Косинова И.И., Соколова Т.В.</i> Гранулометрический состав донных отложений как фактор формирования эколого-геохимических аномалий	414
<i>Косинова И.И., Фонова С.И.</i> Исследование загрязнения тяжелыми металлами поверхностного слоя почвы придорожной территории автодороги М-4 в Воронежской области	418
<i>Крутских Н.В.</i> Интегральная оценка состояния компонентов экогеосистемы как основа разработки мониторинга урбанизированных территорий	422
<i>Литау В.В., Таловская А.В., Язиков Е.Г.</i> Приток микроэлементов с зимними атмосферными выпадениями на территорию г. Омска	425
<i>Новосельцев А.В.</i> Разработка и применение расчетно-графического комплекса «ВРГ» в рамках геоэкологического картирования урбанизированных территорий	430
<i>Рябова Л.Н., Залыгина И.А.</i> Комплексные эколого-геохимические исследования природно-техногенных систем в Беларуси	433
<i>Рязанцев П.А.</i> Эколого-геологическое изучение техногенно нагруженных территорий на основе геоэлектрических моделей	437

<i>Удалов И.В.</i> Эколого-геологические особенности распределения токсичных и «малых» элементов в отходах горнопромышленных предприятий Луганской области	440
<i>Хаустов А.П., Редина М.М.</i> Мониторинг углеводородного загрязнения природно-техногенных систем на основе индикаторных соотношений ПАУ	445
<i>Юганова Т.И., Галицкая И.В., Путилина В.С.</i> Оценка миграции кадмия в зоне аэрации на участке бывших Люблинских полей фильтрации	452
<i>Яшков И.А., Иванов А.В., Виноградова Т.Н., Кузин А.Г.</i> Опыт геоэкологического анализа свалочного тела в условиях урбанизированной территории (на примере г. Саратова)	458
6. КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ	463
<i>Абатурова И.В., Емельянова И.А., Ковязин И.Г.</i> Лито-техническая система «город – геологическая среда» и нарушение ее функционирования в результате развития природных и природно-техногенных процессов	463
<i>Васютин Л.А.</i> Воздействие урбанизации на изменения геокриологической среды в Забайкалье	468
<i>Гавришин А.И.</i> О комплексном экологическом мониторинге урбанизированной территории и геологической среды	471
<i>Гусева Т.В., Розенберг Н.К., Передерин В.П.</i> Исследование неравномерности деформирования фундамента исторического объекта	476
<i>Данзанова М.В.</i> Динамика слоя сезонного протаивания пород на слабонарушенных территориях долины Туймаада	480
<i>Камшилин А.Н., Казначеев П.А.</i> Об особенностях методики активного геоэлектрического мониторинга в условиях городских агломераций	485
<i>Кашперюк П.И., Кашперюк А.А.</i> Формирование температурных полей на ранее освоенных и повторно используемых городских территориях и их влияние на прогноз изменения деформационных свойств глинистых грунтов в процессе строительства и эксплуатации подземных сооружений	490
<i>Королев В.А., Кузнецова Н.В.</i> Оценка устойчивости исторических литотехнических систем в системе их мониторинга	495
<i>Красовская И.А., Торбенко А.Б., Галкин А.Н.</i> Особенности организации мониторинга овражно-балочных систем Витебска как объектов природно-техногенных опасностей	500

<i>Локтев Д.Н., Соловьев С.П., Спивак А.А.</i> Центр геофизического мониторинга г.Москвы ИДГ РАН	504
<i>Невечера В.В.</i> Мониторинг исторической природно-технической системы «Северо-Двинской водный путь» в связи с ее реконструкцией	508
<i>Осика И.В., Глобенко И.А., Демидкова А.Н., Строганов С.А.</i> К вопросу эволюции инженерно-геологических условий	512
<i>Пендин В.В., Заботкина Л.В., Подборская В.О.</i> Опыт создания систем мониторинга локальных исторических ПТС в музеях-заповедниках Ростова, Рязани, Кириллова	518
<i>Шумкина Ю.А., Королев В.А.</i> Биоиндикационный мониторинг природно-технических систем урбанизированных территорий	522
7. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ	527
<i>Балакин В.А., Труфманова Е.П., Нагорная М.А.</i> Современные представления о технологии проведения газогеохимических исследований	527
<i>Беляев В.Л.</i> Проблемы повышения безопасности и комплексности градостроительного проектирования объектов метрополитена как ключевого элемента развития городского подземного пространства (пример Москвы)	532
<i>Булдакова Е.В., Булдаков А.В.</i> Экологические ограничения для проектирования городского пространства	537
<i>Григорьева И.Ю.</i> Представление о геоэкологических условиях территорий в структуре свода правил по инженерно-экологическим изысканиям для строительства	540
<i>Дьяконов П.Ю., Михайлов А.П., Островский А.Б.</i> Проблемы совершенствования нормативных документов для оценки инженерно-геологических и условий	544
<i>Заиканов В.Г., Минакова Т.Б.</i> Геоэкологические ограничения и районирование урбанизированной территории для градостроительного проектирования	549
<i>Здобин Д.Ю.</i> О консистенции грунтов естественного сложения	554
<i>Козловский С.В.</i> Условия и проблемы совершенствования нормативной документации при исследованиях геологической среды с целью проектирования объектов различного назначения на урбанизированных территориях	561

<i>Маций С.И., Михеева Л.А., Любарский Н.Н. Особенности расчета параметров селевых потоков на Черноморском побережье Краснодарского края</i>	565
<i>Толмачёв В.В. О недостатках существующих нормативно-методических документов в области инженерно-строительного освоения закарстованных территорий в городах</i>	571
<i>Шешеня Н.Л. Основные требования к инженерным изысканиям для подземного строительства в Москве</i>	576
АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ	581

Научное издание

СЕРГЕЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ
Инженерно-геологические
и геоэкологические проблемы
городских агломераций

Выпуск 17

**Материалы годичной сессии
Научного совета РАН по проблемам геоэкологии,
инженерной геологии и гидрогеологии
(23-24 марта 2015 г.)**

Издание подготовлено в авторской редакции

Технический редактор *Н.А. Ясько*
Компьютерная верстка *М.Н. Заикина*
Дизайн обложки *М.В. Рогова*

Подписано в печать 00.00.14 г. Формат 70×100/16. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 38,0. Тираж 320 экз. Заказ 51

Российский университет дружбы народов
115419, ГСП-1, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3

Типография РУДН
115419, ГСП-1, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3, тел. (495) 952-04-41

Для заметок

Для заметок
