

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

**К.Ю. Михайличенко, А.Ю. Коршунова,
А.И. Курбатова**

Экологический факультет
Российский университет дружбы народов
Подольское шоссе, 8/5, Москва, Россия, 113093

В настоящее время проблемы качества питьевой воды продолжают быть одним из приоритетных и сложных направлений научных исследований в области гигиены и экологии. Авторы приводят интегральную оценку питьевой воды централизованных систем водоснабжения п. Селятино Наро-Фоминского района Московской области по показателям химической безвредности. Выявлены превышения уровней риска для здоровья населения при пероральном поступлении питьевой воды для всех скважин, обеспечивающих водоснабжение данного населенного пункта.

Ключевые слова: интегральная оценка, риск для здоровья, качество питьевой воды, показатели химической безвредности.

Исследователями уже давно установлена прямая связь между качеством питьевой воды и здоровьем человека. По данным Всемирной организации здравоохранения, приблизительно 75% болезней у человека вызывает именно употребление воды низкого качества, а также использование в бытовых целях воды, не соответствующей гигиеническим нормам [3]. Несмотря на использование передовых технологий и технический прогресс, проблемы, касающиеся качества питьевой воды, являются актуальными и сейчас.

К качественной питьевой воде можно отнести воду, которая не содержит вредных и опасных для здоровья и жизни человека примесей. Она также должна удовлетворять органолептическим показателям качества. Более того, качественная питьевая вода должна быть безопасной, т.е. не оказывать вредного влияния на организм человека при длительном ее употреблении.

В настоящее время быстрый демографический рост населения на всем земном шаре и, как следствие, увеличивающиеся объемы потребляемой воды в промышленности, сельском хозяйстве и быту ведут к глобальному водному кризису, который заключается в нехватке пресных водных ресурсов и в усиливающемся загряз-

нении воды. Ученые предполагают, что к 2025 г. как минимум 3,5 млрд человек, что составляет приблизительно 50% населения Земли, будут испытывать недостаток питьевой воды. В настоящее время человечество потребляет примерно 55% доступных пресноводных ресурсов, к 2030 г., по прогнозам исследователей, их потребление увеличится до 75% в связи с ростом населения на планете. К сожалению, на сегодняшний день уже более миллиарда человек не имеют возможности получать чистую и безопасную воду [2].

В связи с этим обеспечение безопасности питьевого водоснабжения является одной из главных задач Правительства РФ.

К числу приоритетных загрязнителей воды систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения относятся следующие вещества:

— такие, поступление которых связано с источником водоснабжения, — алюминий, аммиак, марганец и его соединения, бор, бром, ДДТ, кадмий, железо, соли магния и кальция, кадмий, мышьяк, ПАВ, свинец, сульфаты, нитраты, фториды, хлориды, формальдегид, цинк, ртуть и др.;

— в связи с загрязнением питьевой воды в процессе водоподготовки — алюминий, железо, хлор;

— поступающие в питьевую воду в процессе ее транспортирования — аммиак, железо, хлороформ.

Следует сказать, что в Российской Федерации муниципальные системы водоочистки городов и населенных пунктов в основном не отвечают требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» [7], а системы водораспределения настолько изношены, что сами являются источниками вторичного загрязнения воды. Кроме того, обостряют проблему чистой воды аварии на станциях водоочистки или в зонах водозабора.

Более того, гигиенические нормативы для большинства химических канцерогенов установлены без учета их канцерогенного эффекта. Существующие уровни ПДК у некоторых веществ могут быть связаны с высокими значениями потенциального канцерогенного риска.

В связи с этим требуется переход от существующей системы оценки качества питьевой воды по принципу «соответствует — не соответствует» к возможности установления количественных и/или качественных характеристик вредных эффектов для здоровья населения, обусловленных воздействием изучаемых экологических факторов.

Исходя из вышесказанного, целесообразно выполнение интегральной оценки качества питьевой воды по показателям химической безвредности, основанной на методологии оценки риска для здоровья населения [9] и в соответствии с Методическими рекомендациями [5].

Объектом исследования выбрана питьевая вода, находящаяся в скважинах ОАО «Трест Гидромонтаж» п. Селятино Наро-Фоминского района Московской области.

Поселок расположен в Центральном федеральном округе, на юго-западе Московской области, в 50 км по Киевскому шоссе от Московской кольцевой авто-

дороги, он был построен самим трестом. В настоящее время ОАО «Трест Гидромонтаж» является балансодержателем водозаборного узла (ВЗУ), обеспечивающего хозяйственно-питьевое и производственное водоснабжение в поселке.

В связи с этим, возникает вопрос: действительно ли качество водоснабжения п. Селятино соответствует гигиеническим нормативам и соответствуют ли значения риска для здоровья при хроническом поступлении вредных химических веществ, содержащихся в данной питьевой воде, приемлемым для населения значениям?

Таким образом, целью данной работы явилось проведение интегральной оценки питьевой воды централизованных систем водоснабжения п. Селятино по показателям химической безвредности.

Для достижения данной цели нами были поставлены и решены следующие задачи:

— рассчитать и оценить риски при пероральном поступлении с питьевой водой химических веществ, характеризующихся ольфакторно-рефлекторным эффектом воздействия;

— рассчитать и оценить неканцерогенные риски при пероральном поступлении химических веществ с токсикологическим эффектом воздействия;

— рассчитать и оценить суммарный пожизненный канцерогенный риск для здоровья населения п. Селятино при потреблении водопроводной воды;

— рассчитать и оценить интегральный показатель качества питьевой воды.

Материалы и методы исследования. Оценка риска для здоровья населения п. Селятино при потреблении питьевой воды была проведена на основе данных по химическому составу воды, предоставленных системой централизованного водоснабжения ОАО «Трест Гидромонтаж» за период IV квартал 2011 г. — IV квартал 2012 г.

На водозаборном узле ОАО «Трест Гидромонтаж» эксплуатируется семь водозаборных скважин Подольско-Мячковского и Алексинско-Протвинского горизонтов.

Воды Подольско-Мячковского горизонта на большом числе участков характеризуются повышенным содержанием железа. Здесь отчетливо прослеживается связь между содержанием железа и условиями залегания водоносного горизонта. Так, в некоторых районах питания, т.е. там, где горизонт залегает непосредственно под четвертичными отложениями, содержание железа может превышать 2—3 мг/л, достигая 5 мг/л, а иногда и 7—10 мг/л. По мере погружения Подольско-Мячковского водоносного горизонта под юрские и каменноугольные отложения, концентрации железа уменьшаются, а содержание фтора увеличивается. Водозаборный узел п. Селятино расположен на территории одного из районов питания Подольско-Мячковского водоносного горизонта — в междуречье р. Москвы и р. Нары. По этой причине содержание железа в воде, подаваемой скважинами Подольско-Мячковского горизонта, достигает величины 2,5—2,6 мг/л [1]. Что касается Алексинско-Протвинского горизонта, то водовмещающими породами служат трещиноватые, нередко закарстованные массивные известняки, а севернее Москвы также известняки доломитизированные и доломиты. По химическому составу воды южных, юго-западных и западных районах распространения (включая район ВЗУ

п. Селятино) вплоть до района Москвы относятся к карбонатно-кальциевым, с сухим остатком до 0,5 г/л, реже несколько выше [1].

Пробы воды из семи скважин системы питьевого водоснабжения п. Селятино анализировались химико-экологической лабораторией ООО «Селятинские коммунальные системы Гидромонтаж» совместно с лабораторией ЗАО «Главный контрольно-испытательный центр питьевой воды». Анализ воды проводился по следующим показателям: цветность, мутность, жесткость, водородный показатель, барий, бор, железо, литий, медь, ртуть, свинец, сульфаты, нитраты, фтор, хлориды, цианиды, цинк.

Для оценки риска для здоровья населения при употреблении питьевой воды применялись следующие методики: метод оценки риска в отношении показателей, характеризующихся ольфакторно-рефлекторным эффектом воздействия, основанный на модели индивидуальных порогов и пробит-методе; метод расчета риска токсикологической опасности питьевой воды на основе моделей оценки канцерогенного и неканцерогенного риска беспороговым методом; метод расчета интегрального показателя [5].

Результаты исследования и их анализ. Результаты анализа проб воды из семи скважин системы питьевого водоснабжения п. Селятино приведены в табл. 1. Гигиенические нормативы (ПДК) приняты по СанПин 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» [7].

Таблица 1

Значения показателей воды из скважин системы питьевого водоснабжения п. Селятино

Показатель	Единица измерения	Гигиенический норматив	Значение показателей							
			Подольско-Мячковский водоносный горизонт				Алексинско-Протвинский водоносный горизонт			
			Скв. № 1	Скв. № 5а	Скв. № 5	Скв. № 4	Скв. № 6	Скв. № 7	Скв. № 8	
Цветность	градус	< 20	50	50	50	5	6	12	6	
Мутность	мг/л	< 1,5	0,33	0,33	0,39	0,14	0,05	0,05	0,05	
Общая жесткость	мг-экв/л	1,5—7,0	6	5,5	5,7	6,6	6,7	6,6	6,3	
Сухой остаток	мг/л	< 1000	307	328	314	324	346	312	308	
Фтор	мг/л	< 1,5	1,26	1,05	1,05	1,74	1,89	1,68	1,74	
Сульфаты	мг/л	< 250	58,4	108,4	102,5	155	158	214	102	
Хлориды	мг/л	< 250	13	9,5	9,5	9,5	9,5	13	9,5	
Нитраты	мг/л	< 45	1,4	2,4	2,51	0,48	1,96	2,5	2,5	
Цианиды	мг/л	0,035	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	
pH	ед.	6—9	7,3	7,4	7,3	7,2	7,2	7,3	7,2	
Железо	мг/л	< 0,3	1,1	1,63	1,71	0,09	0,06	0,11	0,24	
Барий	мг/л	< 0,1	0,119	0,118	0,129	0,049	0,039	0,046	0,043	
Бор	мг/л	< 0,5	0,1	0,06	0,06	0,95	1,12	1	1,56	
Литий	мг/л	0,03	0,005	0,007	0,005	0,024	0,021	0,026	0,023	
Медь	мг/л	1	0,035	не обн.	не обн.	0,04	не обн.	0,02	не обн.	
Цинк	мг/л	5	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	0,009	0,011	
Ртуть	мг/л	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	
Свинец	мг/л	0,03	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	

При анализе полученных данных было выявлено, что качество исследуемой воды не соответствует нормативным требованиям из-за повышенного содержания железа, бария, бора, фтора, а также цветности [6]. В воде из скважин Подольско-Мячковского горизонта содержание железа составляет от 1,1 мг/л до 1,71 мг/л при норме не более 0,3 мг/л. При содержании железа выше 1 мг/л вода становится мутной, окрашивается в желто-бурый цвет, у нее ощущается характерный металлический привкус. Все это делает такую воду практически непригодной для технического и для питьевого применения. По органолептическим признакам предел содержания железа в воде практически повсеместно установлен на уровне 0,3 мг/л (а по нормам ЕС даже 0,2 мг/л). Здесь необходимо подчеркнуть, что это ограничение именно по органолептическим соображениям. По показаниям вредности для здоровья такой параметр не установлен. Превышение в исследуемой воде соединений железа может быть обусловлено процессами химического выветривания и растворения горных пород. Значительное количество железа поступает с подземным стоком и со сточными водами предприятий металлургической, металлообрабатывающей, текстильной, лакокрасочной промышленности и с сельскохозяйственными стоками [4].

Повышенная цветность воды из скважин Подольско-Мячковского водоносного горизонта является следствием присутствия в воде соединений трехвалентного железа, а также может быть обусловлена содержанием в воде окрашенных органических соединений, присутствием гуминовых соединений, а также вымыванием из почвогрунтов различных веществ.

Качество воды из водозаборных скважин Алексинско-Протвинского горизонта не соответствует нормативным требованиям из-за повышенного содержания фтора, которое составляет до 1,89 мг/л при норме не более 1,5 мг/л, и бария — до 1,56 мг/л при норме не более 0,5 мг/л (см. табл. 1).

Высокие концентрации фтор-иона могут быть связаны с подземными источниками. В районах, богатых фторсодержащими минералами, например фторопатами, колодезные воды могут содержать до 10 мг и более фтора на 1 л. Ввиду того, что на исследуемой территории отсутствуют промышленные объекты с возможным образованием фторид-ионов, поступление фторидов с промышленными сбросами не рассматривалось. Источниками повышенного содержания бора в подземной воде могут быть бороносные осадочные породы, породы из известково-магнезиально железистых силикатов, отложения солей, вулканические породы, глина.

Расчеты интегрального показателя качества питьевой воды на основе оценки риска проводились для воды всех исследуемых скважин. Для этого было необходимо провести оценку риска при пероральном поступлении с питьевой водой химических веществ, характеризующихся ольфакторно-рефлекторным эффектом воздействия; неканцерогенного риска при поступлении химических веществ с токсикологическим эффектом воздействия; суммарного канцерогенного риска для здоровья населения п. Селятино. Значения интегрального показателя не должны превышать единицы. Результаты расчета интегральных показателей качества питьевой воды приведены в табл. 2.

Интегральные показатели качества питьевой воды

№ скважины	Вид риска	Значение по суммарной оценке	Отношение риска к приемлемому значению	Интегральный показатель
Скв. №1	РРОЭ	0,7148	7,148	7,886
	НР	0,0349	0,698	
	КР	0,0000004	0,040	
Скв. № 4	РРОЭ	0,0011	0,011	3,035
	НР	0,1492	2,984	
	КР	0,0000004	0,040	
Скв. №5	РРОЭ	0,999	9,990	10,862
	НР	0,0416	0,832	
	КР	0,0000004	0,040	
Скв. №5а	РРОЭ	0,999	9,990	10,844
	НР	0,0407	0,814	
	КР	0,0000004	0,040	
Скв. №6	РРОЭ	0,0286	0,286	1,948
	НР	0,0811	1,622	
	КР	0,0000004	0,040	
Скв. №7	РРОЭ	0,0036	0,036	1,664
	НР	0,0794	1,588	
	КР	0,0000004	0,040	
Скв. № 8	РРОЭ	0,0100	0,1	2,054
	НР	0,0957	1,914	
	КР	0,0000004	0,040	

РРОЭ — риск рефлекторно-ольфакторных эффектов, НР — неканцерогенный риск, КР — канцерогенный риск

Таким образом, в результате оценки риска при пероральном поступлении с питьевой водой химических веществ, характеризующихся ольфакторно-рефлекторным эффектом воздействия, было выявлено несоответствие приемлемому уровню риска для воды скважин №№ 1, 5, 5а, что связано с повышенной концентрацией железа и высокими показателями цветности. Для воды скважин №№ 4, 6, 7, 8 уровень риска соответствует приемлемому.

При оценке суммарного пожизненного канцерогенного риска для здоровья населения п. Селятино при потреблении водопроводной воды было выявлено, что уровень канцерогенного риска соответствует минимальному (приемлемому).

При оценке неканцерогенного риска при пероральном поступлении химических веществ с токсикологическим эффектом воздействия было выявлено несоответствие приемлемому уровню для воды скважин №№ 4, 6, 7, 8, что связано с повышенными концентрациями бора и фтора. В данном случае риск для здоровья при употреблении питьевой воды оценивается как «вызывающий опасение», что характеризуется появлением тенденции к росту неспецифической патологии. Для воды скважин №№ 1, 5, 5а уровень неканцерогенного риска является приемлемым.

Выводы и рекомендации. В результате интегральной оценки качества питьевой воды было выявлено, что для всех скважин интегральные показатели не соответствовали допустимому значению, что связано с превышением значений приемлемого риска для ольфакторно-рефлекторных эффектов (скважины №№ 1, 5, 5а) и неканцерогенного риска (скважины №№ 4, 6, 7, 8).

Превышение значения приемлемого риска хотя бы по одному из его видов требует принятия дополнительных мер по регулированию качества воды. В связи с тем, что были выявлены повышенные концентрации железа, фтора, бария и бора, необходимо проводить мероприятия по снижению концентраций этих веществ в питьевой воде (внедрение новых технологий по обезжелезиванию воды и уменьшению концентрации фтора в воде, усовершенствование системы водоподготовки и трубопроводов).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Геологические памятники природы России. — М.: Лориен, 1998. — 200 с.
- [2] Губонина З.И. Промышленная экология. Проблемы питьевой воды. — М.: МГОУ, 2010.
- [3] Доклад о состоянии здравоохранения в мире // Всемирная организация здравоохранения, 2010. URL: http://www.who.int/whr/2010/whr10_ru.pdf.
- [4] Железо в воде и его удаление. URL: <http://www.water.ru/bz/param/ferrum.shtml>.
- [5] Интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности: Методические рекомендации. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011.
- [6] Кориунова А.Ю., Михайличенко К.Ю., Курбатова А.И. Анализ результатов определения качества водопроводной воды в п. Селятино Наро-Фоминского района Московской области // Экология урбанизированных территорий. — № 1. — 2014. — С. 78—82.
- [7] Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.1.4.1074-01 // Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. — URL: <http://www.docload.ru/Basesdoc/9/9742/index.htm>.
- [8] Руководство по обеспечению качества питьевой воды. Т. 1: 3-е изд. — Женева, Всемирная организация здравоохранения, 2004.
- [9] Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Р 2.1.10.1920-04. — М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004.

LITERATURA

- [1] Geologicheskie pamjatniki prirody Rossii. — M.: Lorien, 1998. — 200 s.
- [2] Gubonina Z.I. Promyshlennaja jekologija. Problemy pit'evoj vody. — M.: MGOU, 2010.
- [3] Doklad o sostojanii zdavoohranenija v mire // Vsemirnaja organizacija zdavoohranenija, 2010. — URL: http://www.who.int/whr/2010/whr10_ru.pdf.
- [4] Zhelezo v vode i ego udalenie. — URL: <http://www.water.ru/bz/param/ferrum.shtml>.
- [5] Integral'naja ocenka pit'evoj vody centralizovannyh sistem vodosnabzhenija po pokazateljam himicheskoj bezvrednosti: Metodicheskie rekomendacii. — M.: Federal'nyj centr gigieny i jepidemiologii Rospotrebnadzora, 2011.
- [6] Korshunova A.Ju., Mihajlichenko K.Ju., Kurbatova A.I. Analiz rezul'tatov opredelenija kachestva vodoprovodnoj vody v p. Seljatino Naro-Fominskogo rajona Moskovskoj oblasti // Jekologija urbanizirovannyh territorij. — 2014. — № 1. — S. 78—82.
- [7] Pit'evaja voda. Gigienicheskie trebovanija k kachestvu vody centralizovannyh sistem pit'evogo vodosnabzhenija. Kontrol' kachestva. Sanitarно-jepidemiologicheskie pravila i normativy. SanPiN 2.1.4.1074-01 // Pit'evaja voda i vodosnabzhenie naseleennyh mest. — URL: <http://www.docload.ru/Basesdoc/9/9742/index.htm>.
- [8] Rukovodstvo po obespečeniju kachestva pit'evoj vody. Tom 1: 3-e izd. — Zheneva, Vsemirnaja Organizacija Zdravoohranenija, 2004.

- [9] Rukovodstvo po ocenke riska dlja zdorov'ja naselenija pri vozdejstvii himicheskikh veshhestv, zagryaznjajushhih okruzhajushhuju sredu. R 2.1.10.1920-04. — M.: Federal'nyj centr Gos-sanjepidnadzora Minzdrava Rossii, 2004.

INTEGRATED ASSESSMENT OF DRINKING WATER QUALITY OF WATER SUPPLY SYSTEMS

**K.Yu. Mikhaylichenko, A.Yu. Korshunova,
A.I. Kurbatova**

Ecological Department
Peoples' Friendship University of Russia
Podolskoye shosse, 8/5, Moscow, Russia, 115093

Nowadays problems of water quality continue to be one of the priority and difficult directions of scientific researches in hygiene and ecology fields. In this article authors carry out an integrated assessment of drinking water of water supply systems in Selyatino settlement in the Naro-Fominsk district of the Moscow region on chemical harmless indicators. There was revealed the excess of risk levels for population health at peroral intake of drinking water for all wells providing water supply of the settlement.

Key words: integrated assessment, health risk, drinking water quality, chemical harmless indicators.