

ГЕОЭКОЛОГИЯ

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ДОЛИНЫ р. ТУРБИО (ВЕНЕСУЭЛА) ПО ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Е.В. Станис, Е.Н. Огородникова, М. Ромеро

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

На основе характеристики физико-географических условий и геологического строения бассейна р. Турбио (Венесуэла) охарактеризовано 33 типа эколого-геологических условий, для которых по степени проявления экзогенных геологических процессов выделяются участки интенсивного проявления — 5-6 процессов; среднего проявления — 4-3 и слабого проявления — 1-2. Сопоставление характера освоенности изучаемой территории и интенсивности проявления процессов позволило оценить степень риска возникновения процессов как вероятность нанесения ущерба эколого-геологическим условиям на освоенных, малоосвоенных и неосвоенных территориях. Полученные результаты позволяют дать прогноз развития экзогенных процессов и наметить комплекс мероприятий по устранению негативных последствий их воздействия.

Венесуэла — страна, основу экономики которой составляет добыча полезных ископаемых. Развитие экономики предопределяет развитие городов и достаточно крупных населенных пунктов, в которых сосредоточены промышленное и сельскохозяйственное производства, результатом чего является необходимость оценки экологических проблем. В настоящее время решение экологических задач в основном связано с проблемами, возникающими при добыче нефти и газа. Однако высокая плотность населения и постоянно продолжающееся увеличение его численности, ряд особенностей быта людей, значительная степень концентрации промышленных производств в совокупности с отдельными природными характеристиками территории обусловили возникновение, развитие, а в настоящее время и обострение некоторых негативных экологических ситуаций. К негативным экологическим ситуациям для горных областей относится влияние экзогенных геологических процессов, которые могут нарушать природные ландшафты, ухудшая среду обитания человека.

Район исследований расположен в северо-западной части Венесуэлы и определяется участком долины р. Турбио. В бассейне р. Турбио можно выделить три типа рельефа: эрозионный, эрозионно-аккумулятивный и аккумулятивный, которым соответствуют высокогорье, низкогорье и равнинная область.

Внешняя часть — высокогорье — юго-восточные отроги Анд с высотами 1000-2200 м, где берут начало реки Турбио и Кларо. На северо-западе расположена горная система Кориано и горы Симара (1200 м). На северо-востоке поднимается Сьерра-Ароа — ответвление Береговой Кордильеры с абсолютными высотами 1200-1300 м. Горному тектоническому типу рельефа соответствуют крутые склоны, значительные превышения до 600 м между линиями водораздела и днищем прилегающих долин, развитие склоновых процессов.

Низкогорье. У подножья гор ниже уровня 1000 м до высоты, приблизительно 700 м, выделяется пояс низкогорья, который представлен холмами, образовавшимися вследствие эрозии горных пород, смещения материала и разрушения блоков. В рельефе сочетаются плоские террасы и долины, протяженность склонов которых

изменяется от 100 до 500 м, а крутизна составляет 15-30°. Для низкогорья характерен делювиальный и эрозионный снос. Сухость этого ландшафта усиливается из-за глубоких и нерегулярных борозд и рытвин, вызванных эрозией во время ливневых дождей. Межгорные долины достигают ширины 500 м, сформированы аллювиальными и коллювиально-делювиальными отложениями.

Равнинная область — долины рр. Турбио и Кларо, характеризующиеся мощной толщей аллювиальных отложений.

Климат описываемого района отвечает субэкваториальному поясу, который включает субтропическую Атлантическую зону высокого давления, теплого и сухого воздуха (дефицит дождей) и экваториальную зону низкого давления, теплого и влажного воздуха (частые интенсивные осадки). Характеру климата соответствует постоянство температуры в течение всего года и сезонный характер осадков (засушливый период и сезон дождей). Анализ метеорологических данных позволяет выделить в исследуемом районе три зоны: андийскую зону, зону подножья гор и холмов и зону равнины.

Почвенно-растительный покров развит в равнинной области и низкогорье и представлен влажными лиственными лесами. На платообразных повышенных участках низкогорья преобладают ксерофильные леса. Для Андийской области характерна природная растительная зональность.

Геологическое строение района определяется как участок субдукции Карибской плиты и плиты Наска (Тихоокеанская плита), в геологии которых господствуют формации мезозоя и кайнозоя. В географической характеристике они описываются Андийскими Кордильерами, гористой местностью Лара-Фалькон и Прибрежной Кордильерой, между которыми расположена депрессия Баркисимето. Горные породы представлены метаморфическими разностями и мощной толщей осадочных пород мелового и плиоценового возраста, иногда подверженных слабому метаморфизму. В составе типичных осадочных образований наблюдаются массивы и глыбы аллохтонных толщ. Литолого-генетические типы четвертичных отложений представлены элювиальными, гравитационными, делювиально-пролювиальными, делювиально-аллювиальными и аллювиальными отложениями. Элювиальные, гравитационные, делювиально-пролювиальные отложения состоят из грубообломочного материала с примесью песка и глины. В делювиально-аллювиальных и аллювиальных отложениях преобладают песчаные и глинистые разности. В пределах селитебных территорий и на участках сельскохозяйственного освоения распространены техногенные отложения. По составу близки к природным разностям четвертичных отложений, содержат бытовые и промышленные отходы.

Тектоническое строение района и история геологического развития могут быть рассмотрены как аллохтон — модель скольжения блоков, что позволяет интерпретировать критические зоны соотношения пород различного состава в толщах Карориты и Матетере как «экзотические блоки», образовавшиеся подводным скольжением. Региональные тектонические процессы, затронувшие депрессию Баркисимето, сопровождались метаморфизмом и разломами. *Разлом Баркисимето* представляет одну из самых важных структурных составных частей района. Он характеризуется ясно выраженным топографическим положением, расширяясь в сторону Карибского моря. Протяженность разлома Баркисимето, близкая к меридиональной, параллельна центральной части Анд и составляет приблизительно 425 км. Наличие контрастных литологических и стратиграфических типов отложений вдоль разломной зоны свидетельствует о вертикальном смещении. Разлом Баркисимето сопровождается многочисленными оперяющимися разломами. Возраст разлома изменяется от верхнего мела до голоцена. Разлом Баркисимето является действующим в

настоящее время, а вся изучаемая территория испытывает положительные тектонические движения. Почти по всей длине разлома недавно произошли землетрясения, последнее из которых, в 5-6 баллов, наблюдалось 1950 г.

Подземные воды на изученной территории связаны с трещинными, карстовыми и поровыми типами. Трещинные воды приурочены к мощной разломной зоне. Область питания трещинных вод: атмосферные осадки, обильно выпадающие в гумидной зоне — зоне высокогорья. Область разгрузки — долина р. Баркисимето, ее притоков и многочисленных ручьев. Трещинные воды очень чувствительны к условиям питания и характеризуются резкими колебаниями уровней в зависимости от количества выпадающих атмосферных осадков. Развитие в депрессии Баркисимето карбонатных толщ в отложениях нижнего и верхнего мела определяет формирование карстовых вод, взаимосвязанных с трещинными водами. Поровые воды — воды рыхлых четвертичных и миоцен-плиоценовых отложений относятся к пластовым водам. Помимо атмосферных осадков в питании пластовых, возможно, принимают участие трещинные и карстовые воды коренных пород. Разгрузка трещинных и карстовых вод в аллювиальные отложения связана с периодами дождей. В период максимального выпадения осадков с поднятием уровня воды в реках соответственно поднимается и уровень грунтовых вод. В меженный период аллювиальные воды пополняют запасы рек, что определяет понижение уровня.

Совокупность эндогенных факторов, определяющих литолого-структурное положение изучаемой территории, и физико-географических особенностей, связанных с рельефом и климатическими условиями, определяют проявление и широкое развитие *экзогенных геологических процессов*. В соответствии с Классификацией природных процессов по характеру воздействия на человека и экосистемы [1] среди природных процессов, наблюдаемых в изученном районе, могут быть выделены: катастрофические, опасные и неблагоприятные (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Типы экзогенных процессов на изученной территории

Характер процессов	Тип экзогенного процесса
Катастрофические	Оползни, сели, обвалы, осыпи
Опасные	Овражная эрозия, эрозия (плоскостной смыв), карст
Неблагоприятные	Суффозия

Следует отметить, что в отношении геологических процессов их катастрофическая оценка достаточно субъективна по отношению к биоте и, в частности, к человеку. Так, медленно текущие опасные процессы (плоскостной смыв, карст), проявляющиеся на обширных территориях на протяжении многих лет, не влекут за собой катастроф, а относительно маломощный селевой поток может быть катастрофическим [2]. Другими словами, для разных территорий, отличающихся ландшафтом, уровнем хозяйственного освоения, численностью проживаемого населения и типом инженерных сооружений, один и тот же геологический процесс равной мощности (интенсивности) может классифицироваться как катастрофический или неблагоприятный. В настоящей работе рассматривается локальный уровень распространения процессов, воздействующих не только на человека, но и на биоту в целом, через оценку состояния ландшафта. Одной из особенностей проявления природных процессов является их каскадный характер. Например, для изучаемого района (балльность б) землетрясения могут провоцировать проявление склоновых процессов. Процессы карстообразования непосредственно определяют развитие суффозионных процессов в случае распространения пород, легко подвергающихся размыву.

Приведем краткую характеристику экологических последствий, связанных с проявлением процессов, распространенных в бассейне р. Турбио.

Катастрофические процессы. *Оползни, обвалы, осыпи, сели.* Проявление склоновых процессов существенно снижает качество геологического пространства или сокращает его ресурс. На исследуемой территории катастрофические процессы склонового ряда приурочены в основном к району высокогорья, где населенные пункты отсутствуют. Однако проявление этих катастрофических процессов может оказывать влияние на изменение ландшафтов. Особенно проявление этих процессов имеет негативный характер на территориях заповедных зон.

Опасные процессы. Принципиально важным признаком выделения группы опасных процессов является положение о том, что они оказывают непосредственное воздействие (механическое, химическое и др.) на абиотическую составляющую экосистемы (ландшафты) и только опосредованно, через ее изменение и разрушение, на живые организмы и человека. К ним относятся в исследуемом районе различные виды эрозии и карст.

Овражная эрозия. Наиболее широко распространена в пределах эрозионно-тектонического рельефа высокогорья и низкогорья и связана с проявлением неотектонических движений и составом пород, подверженных размыву. Образованию оврагов способствует ливневый характер выпадающих осадков (сезоны дождей). На изучаемой территории в настоящее время процесс оврагообразования в основном распространен на неосвоенных территориях, к которым относятся влажные неосвоенные леса, малоосвоенные заросли кустарника и ксерофильные леса. Однако процесс оврагообразования также развит на участках сельскохозяйственного освоения (выращивание плодовых культур) в высокогорье и низкогорье, приуроченных к мощным конусам выноса.

Плоскостная эрозия (эрозия почв) происходит в результате плоскостного смыва и приводит к разрушению верхнего самого плодородного горизонта почв. В описываемом районе плоскостной смыв обусловлен пологоволнистым рельефом при незначительной крутизне склонов и ливневым характером осадков. Эрозионные процессы по времени воздействия относятся к кратковременным, эпизодическим, действующим преимущественно в сезон дождей. Они нарушают состояние ландшафтов, а на землях, отведенных под сельскохозяйственное использование, приводят к потере плодородия.

Карстовые процессы на изучаемой территории проявляются в породах литолого-стратиграфических комплексов Лос-Кристалес, Ароа, Мамей, Рио Турбио, Карарита, Баркисимето. Карстовые процессы существенно изменяют ландшафты, условия жизни биоты, в том числе и человека, определяя ресурс подземного и наземного жизненного пространства на территориях, сложенных растворимыми породами, а следовательно, и их эколого-геологические условия.

Неблагоприятные процессы. *Суффозия.* В районе бассейна реки Турбио этот процесс приурочен к тонко-мелкозернистым пескам, характеризующимся низким сопротивлением эрозионному воздействию подземных вод. Суффозионные процессы в основном развиты в пределах аккумулятивного рельефа равнины. Ущерб от суффозии может быть связан со значительными неравномерными осадками зданий и сооружений, их деформацией и даже разрушением при образовании подземных пустот. Процессы суффозии развиваются медленно в течение нескольких или десятков лет.

Характеристика физико-географических условий, геологического строения района, включающая проявление процессов, позволяет выделить в бассейне р. Турбио 33 типа эколого-геологической обстановки (табл. 2).

Таблица 2
Тип эколого-геологических условий и оценка распространения экзогенных геологических процессов

Тип рельефа	Литолого-генетические комплексы пород коренной основы, индекс	Генетические типы четвертичных отложений, индекс	Тип эколого-геологических условий	Процессуальный код экзогенных процессов	Суммарный балл
1	2	3	4	5	6
А. Эрозионно-тектонический рельеф высокогорья	Км Мамей, V	gr IV, 2	A-V-a-2	11001 / 101	5
	Кгт Рио Турбио, VI	gr IV, 2	A-IV-b-2	10001 / 100	4
	Квq Баркисимето, VIII	gr IV, 2	A-VIII-c-2	11001 / 110	5
	Кb Баруре, IX	gr IV, 2	A-IX-d-2	00111 / 011	5
	Тl Моран, XI	e IV, 1	A-XI-e-1	00010 / 110	3
	Тl Моран, XI	gr IV, 2	A-XI-e-2	10110 / 111	6
В. Эрозионно-аккумулятивный рельеф низкогорья	Км Мамей, V	ad IV, 4	B-V-a-4	01010 / 100	3
	Км Мамей, V	dp IV, 3	B-V-a-3	01100 / 111	5
	Кгт Рио Турбио, VI	ad IV, 4	B-VI-b-4	00010 / 111	4
	Кгт Рио Турбио, VI	dp IV, 3	B-VI-b-3	00110 / 111	5
	Квq Баркисимето, VIII	ad IV, 4	B-VIII-c-4	00010 / 111	4
	Квq Баркисимето, VIII	dp IV, 3	B-VIII-c-3	00110 / 111	5
	Кb Баруре, IX	dp IV, 3	B-IX-d-3	00110 / 010	3
	Тl Моран, XI	dp IV, 3	B-XI-e-3	10110 / 011	5
	Тl Моран, XI	ad IV, 4	B-XI-e-4	00010 / 011	3
	Тg Гумасире, XII	ad IV, 4	B-XII-e-4	00010 / 011	3
	Тg Гумасире, XII	dp IV, 3	B-XII-e-3	00110 / 011	4
С. Аккумулятивный рельеф равнины	Ку Яритагуа, I	dp IV, 3	C-I-f-3	0101 / 000	2
	Кlс Лос-Кристалес, II	dp IV, 3	C-II-g-3	01010 / 110	4
	Кга Рио-Абаха, III	dp IV, 3	C-III-a-3	01010 / 110	4
	Ка Ароа, IV	dp IV, 3	C-IV-a-3	01010 / 110	4
	Км Мамей, V	dp IV, 3	C-V-a-3	01110 / 110	5
	Км Мамей, V	ad IV, 4	C-V-a-4	01010 / 100	3
	Кс Карорита, VII	e IV, 1	C-VII-b-1	00010 / 100	2

Продолжение табл. 2

С. Аккумулятивный рельеф равнины	Кс Карорита, VII	dp IV, 3	C-VII-b-3	01110 / 010	4
	Kbq Баркисимето, VIII	dp IV, 3	C-VIII-c-3	00110 / 010	3
	Kbq Баркисимето, VIII	ad IV, 4	C-VIII-c-4	00010 / 010	2
	Kb Баруре, IX	dp IV, 3	C-IX-d-3	00110 / 010	3
	Tr Мататере, фация Блокес-Павиа, X	dp IV, 3	C-X-h-3	01000 / 010	2
	Tl Моран, XI	ad IV, 4	C-XI-e-4	00010 / 010	2
	Tg Гумасире, XII	dp IV, 3	C-XII-c-3	00010 / 010	2
	Ter Эль-Пегон, XIII	e IV, 1	C-XIII-i-1	00010 / 010	2
	aIV Отложения рек, XIV	aIV, 5	C-XIV-j-5	00010 / 010	2

Примечание: 1. Генетические типы четвертичных отложений: **eIV** - элювиальные; **grIV** - гравитационные; **dpIV** - делювиально-пролювиальные; **adIV** - аллювиально-делювиальные; **aIV** - аллювиальные. 2. Состав литолого-стратиграфического комплекса: **a** - сланцы, песчаники, известняки; **b** - преимущественно известняки, конгломераты; **c** - монолитные известняки, лютиты, лимониты и мергели; **d** - лютиты; **e** - песчаники, лютиты, известняки; **f** - гнейсы, сланцы; **g** - известняки, песчаники, конгломераты; **h** - флиш; **i** - галька, валуны, цементированные; **j** - пески, супеси, суглинки.

Необходимо отметить, что первый знак в формуле, отвечающий определенному эколого-геологическому району, соответствует типу рельефа (А — эрозионно-тектонический рельеф высокогорья, В — эрозионно-аккумулятивный рельеф низкогогорья, С — аккумулятивный рельеф полого-холмистой равнины.); второй знак — римская цифра — обозначает литолого-генетический комплекс коренных пород в стратиграфическом порядке от древних к молодым; третий знак — прописная буква характеризует литологический состав пород в пределах литолого-стратиграфического комплекса; четвертый знак — арабская цифра соответствует генетическому типу четвертичных отложений.

Для проведения комплексной оценки на основании выделенных и вышеописанных типов эколого-геологических условий для каждого эколого-геологического района был составлен процессуальный код, отвечающий развитию тех или иных процессов (табл. 2). Процессуальный код обозначается дробью: 0 — процесс отсутствует, 1 — процесс наличествует. В числителе: на первом месте — обвалы, втором — осыпи, третьем — оползни, четвертом — эрозия, пятом — сели. В знаменателе: на первом месте — карст, втором — суффозия, третьем — оврагообразование. Например, эколого-геологическим условиям, которые характеризуются процессуальным кодом: 11001/101, отвечает следующая характеристика — в числителе: обвалы, осыпи, сели; в знаменателе: карст и оврагообразование. Оползни, суффозия и эрозия отсутствуют.

Суммирование количества процессов, принадлежащих каждому процессуальному коду, и группировка полученных значений, позволили выделить три степени интенсивности проявления процессов: 5-6 — интенсивное проявление; 4-3 — среднее проявление; 1-2 — слабое проявление. Как видно из приведенных данных, интенсивное проявление экзогенных геологических процессов характерно для эрозионно-тектонического типа рельефа. Основными экзогенными процессами, характеризующими этот тип рельефа, являются обвалы, осыпи, сели. На участках распространения карбонатных пород развивается карст, в пылеватых породах возможны суффозионные явления. В пределах эрозионно-аккумулятивного рельефа низкогорья встречаются участки, характеризующиеся интенсивным проявлением экзогенных процессов. Склоновые процессы развиты преимущественно на относительно пологих склонах возвышенностей, сложенных трещиноватыми

песчаниками, известняками и мергелями. Состав пород благоприятствует развитию карста и суффозии.

Среднее проявление экзогенных геологических процессов приурочено к эрозионно-аккумулятивному рельефу низкогогорья и частично аккумулятивному рельефу полого-холмистой равнины. Для этих участков больший вес приобретают процессы водного ряда при подчинении процессов склонового ряда. Следует отметить плоскостной смыв, связанный как с физико-географическими условиями (атмосферными осадками и типом рельефа), так и с тектоническими условиями, определяющими описываемый район как региональную область транзита.

Слабое проявление экзогенных геологических процессов характерно для аккумулятивного рельефа равнины, которое в основном выражается в проявлении эрозии и суффозии.

Хозяйственное освоение территории. Анализ характера освоения изучаемой территории позволил выделить 11 таксонов, соответствующих освоенным и неосвоенным территориям. К освоенным территориям можно отнести площади, занятые населенными пунктами, отведенные под сельскохозяйственную и животноводческую деятельность, включая пастбища и участки, на которых производится вырубка лесов. Остальные земли занимают влажные неосвоенные леса, малоосвоенные редконаселенные заросли кустарника, ксерофильные леса, ксерофильные кустарниковые площади, заповедники и территории без растительного покрова. Используя данные оценки интенсивности проявления экзогенных геологических процессов на территории бассейна р. Турбио в баллах, было проведено районирование территории по степени проявления риска от опасных геологических процессов. Следует отметить, что риск оценивался как вероятность нанесения ущерба эколого-геологическим условиям, как на освоенных территориях, так и на неосвоенных и малоосвоенных территориях. Причем для неосвоенных территорий основным объектом оценки являются ландшафты, а для освоенных — проживание и деятельность человека.

Анализ полученных данных показывает, что территории *экологического кризиса* характерны для некоторых участков, на которых развито сельскохозяйственное производство, включая пастбища, и животноводство (А-V-a-2; В-V-a-3; С-V-a-3). Большая часть территории, попадающая в зону экологического кризиса, приходится на неосвоенные территории и заповедники. Эти участки попадают преимущественно в высокогорный и среднегорный тип рельефа, к которому приурочено распространение катастрофических и опасных геологических процессов (А-V-a-2; А-VI-b-2; А-VIII-c-2; А-IX-d-2; А-XI-e-2; В-V-a-3; В-VI-b-3; В-VIII-c-3; В-XI-e-3).

К территориям *экологического риска* относится большая часть выделенных районов, расположенных в низкогогорье и частично на равнине. Интенсивность проявления процессов на этих участках составляет 3-4, опасные и неблагоприятные процессы преобладают над катастрофическими: (А-XI-e-1; В-V-a-4; В-XI-e-4; В-XII-e-4; В-VI-b-4; В-VIII-c-4; В-IX-d-3; С-IV-a-3; С-VII-b-3; С-III-a-3; С-II-g-3; С-II-d-3; С-VIII-c-3; С-IX-d-3).

Территории *экологической нормы* характеризуются проявлением 1-2 процессов преимущественно неблагоприятного характера (С-I-f-3; С-XIII-i-1; С-XIV-j-5; С-XI-e-4; С-XII-e-3; С-VII-b-1; С-X-h-3).

Для исследованной территории в целом можно говорить об относительно благоприятной обстановке проживания человека и неблагоприятной ситуации по отношению к природным ландшафтам и их устойчивости в соответствии с проявлениями и воздействиями природных геологических процессов. Полученные результаты позволяют дать прогноз развития экзодинамических

ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Экологическая геология. - М.: Геоинформмарк, 2002. - С. 143.
2. Экология, охрана природы и экологическая безопасность / Под ред. В.И. Данилова-Даниеляна. Том 1 и 2. - М.: Изд-во МНЭПУ, 1997. - 727 с.

ESTIMATION OF GEO-ECOLOGICAL CONDITIONS OF A VALLEY OF THE TURBIO RIVER ACCORDING TO THE DEGREE OF EXOGENOUS GEOLOGICAL PROCESSES

E.V. Stanis, E.N. Ogorodnikona, M. Romero

*Ecological faculty, Peoples' Friendship Russian University,
Podolskoe shosse, 8/5, 113093, Moscow, Russia*

33 types of geo-ecological conditions in Turbio river basin (Venezuela) have been characterized on the base of geographical conditions and geological structure of the region. According to the degree of exogenous geological processes the territories with intensive, medium and faint display of processes have been distinguished. The obtained data give the opportunity to estimate the level of risk from geological processes and probability of damage in connection with economic development and work out the necessary safety measures, aimed on damage avoidance.
