РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН ПО ПРОБЛЕМАМ ГЕОЭКОЛОГИИ,
ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ГИДРОГЕОЛОГИИ

ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН

ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

СЕРГЕЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ

Выпуск 21

Эколого-экономический баланс природопользования в горнопромышленных регионах

Материалы годичной сессии
Научного совета РАН по проблемам геоэкологии,
инженерной геологии и гидрогеологии
2-4 апреля 2019 года

Пермь
2019

УДК 502.37
ББК 20.1+26.3
С 32

ISBN 978-5-91252-138-6

Р е д а к ц и о н н а я к о л л е г и я:

В. И. Осипов (ответственный редактор), Н. Г. Максимович (зам. редактора), А. А. Барях, Е. В. Булдакова, А. Д. Деменев, О. Н. Еремина, В. Г. Заиканов, В. Н. Катаев, Ю. А. Мамаев, О. Ю. Мещерякова

С32 **Сергеевские чтения.** Эколого-экономический баланс природопользования в горнопромышленных регионах: сборник научных трудов (по материалам годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (2-4 апреля 2019 г.) / под ред. В. И. Осипова, Н. Г. Максимовича, А. А. Баряха, Е. В. Булдаковой, А. Д. Деменева, О. Н. Ереминой, В. Г. Заиканова, В. Н. Катаева, Ю. А. Мамаева, О. Ю. Мещеряковой; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2019. – Вып. 21. – 629 с., ил.

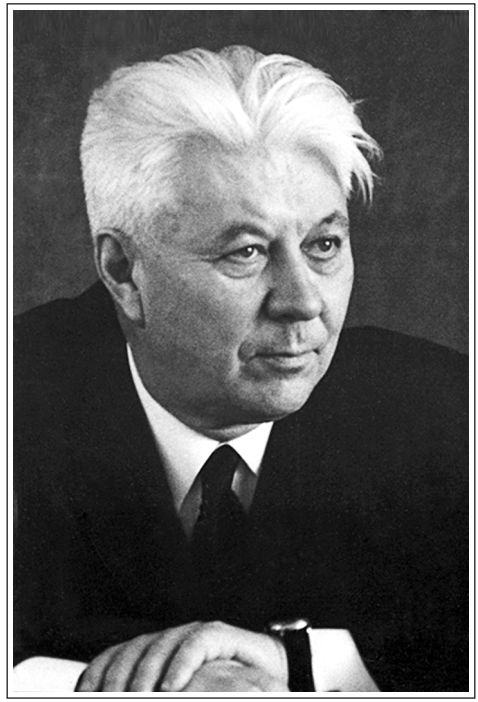
В сборнике опубликованы доклады, представленные на XXI ежегодную конференцию «Сергеевские чтения» памяти академика Е. М. Сергеева – выездную сессию Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, впервые организованную в г. Перми на базе Пермского государственного национального исследовательского университета (г. Пермь, 2-4 апреля 2019 г.). Чтения были посвящены обсуждению актуальных проблем природопользования в горнопромышленных регионах, поискам путей достижения эколого-экономического баланса природопользования. В соответствии с обсуждавшимися на конференции темами, сборник состоит из следующих разделов: «Рациональное природопользование. Пути оптимизации и достижения экономической эффективности»; «Общие проблемы экологической безопасности техногенно-нагруженных территорий»; «Загрязнение природной среды и трансформация гидросферы в горнопромышленных районах»; «Активизация опасных природных процессов в районах разработки месторождений полезных ископаемых»; «Пути реабилитации техногенно-нагруженных территорий»; «Развитие методов исследований и мониторинга трансформации природной среды».
Сборник представляет интерес для специалистов, студентов и аспирантов в области инженерной геологии, гидрогеологии и геоэкологии.

ISBN 978-5-91252-138-6

УДК 502.37
ББК 20.1+26.3

Издание опубликовано при финансовой поддержке Министерства образования и науки Пермского края

©Научный совет РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 2019
©Горный институт УрО РАН, 2019
©ПГНИУ, 2019
©Коллектив авторов, 2019



Академик РАН
Евгений Михайлович СЕРГЕЕВ
(1914 - 1997)

ПРЕДИСЛОВИЕ

Тема, предлагаемая для дискуссии на «Сергеевских чтениях» 2019 г., затрагивает вопросы эколого-экономического баланса природопользования в горнопромышленных районах. Анализ тематик конференций, проведенных в России за последние годы, показывает, что, как правило, вопросы экологии и экономики рассматриваются отдельно. В рамках данной конференции эти проблемы объединены и планируется провести поиск комплексного подхода к их решению.

Достижение баланса природопользования особенно остро стоит в горнопромышленных регионах. Они относятся к числу наиболее экологически напряженных территорий, в пределах которых идет интенсивное воздействие практически на все компоненты природной среды. Это приводит к исчерпанию экологической емкости и деградации окружающей среды, снижению биоразнообразия, развитию опасных природных процессов, росту заболеваний населения и др. В связи с этим, важнейшей стратегической проблемой горнодобывающих районов является их экономическое развитие с максимальным сохранением окружающей среды или ее восстановлением после завершения деятельности.

Следует отметить, что академик Е. М. Сергеев, которому в марте этого года исполнилось бы 105 лет, активно развивал и переводил в практическое русло идеи В. И. Вернадского о биосфере и ноосфере. Фактически тематика конференции близка к идеям гармонизации общества и природы, то есть сути существования ноосферы.

В этом году местом проведения «Сергеевских чтений» был выбран г. Пермь. Пермский край является своеобразной моделью большинства проблем горнодобывающих районов, несмотря на небольшую площадь (1% площади РФ), отличающуюся большим разнообразием природных условий. В тектоническом отношении данный регион находится на стыке Восточно-Европейской платформы и Центрально-Уральского поднятия, соединяясь с последним через Предуральский краевой прогиб и передовую складчатую зону Урала. Это определяет наличие горных пород различного возраста и происхождения и большое разнообразие полезных ископаемых. Около 30% территории занимают карстующиеся породы: карбонаты, сульфаты, соли. Размещение края в пределах умеренного пояса, его значительная протяженность в меридиональном направлении и сложный рельеф обусловливают наличие широтной и высотной зональности. На территории края представлены зоны тайги, подтайги и горной тундры. Практически весь регион является водосборной площадью р. Камы — крупнейшего притока р. Волги. В пределах края созданы два крупных водохранилища – Камское (1954 г.) и Воткинское (1964 г.).

Пермский край – старый промышленный регион с длительной историей освоения, начало которой положено еще в XV в. (солеварением). Первые солеварни, построенные купцами Строгановыми на севере края, послужили мощным стимулом для притока сюда экономически активного населения. Вскоре после открытия месторождений соли были найдены залежи медистых песчаников, на базе которых в 1640 г. был построен первый медеплавильный завод. В XVIII в. здесь было открыто 16 рудных месторождений, с освоением которых началось зарождение крупнейших металлургических центров. Выплавка металла требовала значительных энергозатрат, которые компенсировались отжигом древесного угля.

К концу XVIII в. на смену древесному пришел каменный уголь. Его месторождения были открыты в 1786 г. в пределах Кизеловского бассейна.

В XX в. Кизеловский угольный бассейн был закрыт, после чего остались серьезные экологические проблемы из-за изливов кислых шахтных вод (pH ≈ 3) и стоков с отвалов в поверхностные водотоки. Объем этих изливов достигает 65 млн $м^3$ в год. Превышение ПДК по железу достигает 15000 раз, марганца – 2000 раз, алюминия – 1000 раз. Наблюдаются значительные превышения по многим микроэлементам.

1929 г. ознаменовался открытием пермской нефти. В настоящее время ее добыча осуществляется на 800 скважинах. Помимо нефти разрабатывается одно из крупнейших в мире Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей. Добываются хромовые руды, золото, алмазы, поделочные камни, строительные материалы и др. Природные ресурсы края являются основой развития химии и нефтехимии, электроэнергетики, машиностроения, металлообработки, лесной, целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей и горнодобывающей промышленности.

Уровень ресурсообеспеченности и хозяйственной освоенности вывел Пермский край в число наиболее промышленно развитых регионов России, но вместе с тем он не мог не оказать существенного влияния на его природно-экологический потенциал.

Участники конференции смогут познакомиться с частью этих проблем во время экскурсионной программы.

В этом году на участие в «Сергеевских чтениях» подали заявки 243 специалиста из 7 стран – Беларусь, Казахстан, Киргизия, Луганская народная республика, Узбекистан, Украина и 29 субъектов РФ. В научную программу конференции вошли 35 устных и 29 стендовых докладов.

Фундаментальные и прикладные научные проблемы, выносимые на обсуждение предстоящей конференции, сгруппированы следующим образом: рациональное природопользование; пути оптимизации и достижения экономической эффективности; общие проблемы экологической безопасности техногенно-нагруженных территорий; загрязнение природной среды и трансформация гидросферы в горнопромышленных районах; активизация опасных природных процессов в районах разработки месторождений полезных ископаемых; пути реабилитации техногенно-нагруженных территорий; развитие методов исследований и мониторинга трансформации природной среды.

В сборнике представлены доклады по указанным выше направлениям в авторской редакции.

Председатель оргкомитета
конференции «Сергеевские чтения», академик,
председатель Научного совета РАН
по проблемам геоэкологии,
инженерной геологии и гидрогеологии — В. И. Осипов

Заместитель председателя оргкомитета
конференции «Сергеевские чтения»,
Заслуженный эколог РФ — Н. Г. Максимович

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ КАК ВАЖНЕИШИИ ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

В.И. Осипов

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

Что такое устойчивое развитие?

Впервые термин «устойчивое развитие» был применен в 1972 г. на Всемирной конференции ООН по проблемам окружающей человека среды (Стокгольмская конференция). Содержание термина сводилось к рассмотрению социально-экономических проблем развития общества: расширение экономического потенциала территорий, регулирование демографических вопросов, создание рабочих мест, повышение конкурентоспособности предприятий и т.д. Впоследствии он стал применяться не только в экономической и социальной сферах, но и при анализе различных гуманитарных, экологических и других проблем. В настоящее время понятие «устойчивое развитие» все больше ассоциируется с проблемами окружающей среды и экологической безопасностью. Этому во многом способствовала публикация в 1987 г. доклада Международной комиссии по окружающей среде и развитию (МКОСР) «Наше общее будущее», в котором впервые прозвучало грозное предупреждение о начавшемся изменении окружающей среды и необходимости перехода на новый путь развития.

Позднее, в 1992 г. на Всемирной конференции по окружающей средеи развитию в Рио-де-Жанейро, в которой участвовало более 100 стран, за термином «устойчивое развитие» в качестве приоритета был закреплен экологический аспект и сделана попытка разработки новой стратегии развития [1]. В центр этой стратегии были поставлен вопрос о быстро разрастающейся экологической угрозе, связанной с перенаселением, невосполнимым расходованием природных ресурсов, загрязнением окружающей среды и т.д. С экологической точки зрения под «устойчивым» стали понимать *непрерывное, постоянно поддерживаемое (возобновляемое) развитие,удовлетворяющее потребности ныне живущих людей и не ставящее под угрозу сохранение таких возможностей у будущихпоколений.* Такое понимание означает передачу жизнеобеспечивающих ресурсов будущим поколениям в не меньшем объеме, чем их было у предыдущих поколений. Таким образом, под устойчивым развитием стали понимать развитие общества, при котором улучшаются условия жизни человека, а воздействие на окружающую среду остается в пределах экологической емкости биосферы, т.е. развитие идет без разрушения природной основы существования человечества. В более обобщенном виде под устойчивым развитием следует считать *развитие без деградации биосферы.*

Понятие «устойчивого развития» включает три основные составляющие: экологическую, социальную и экономическую, среди которых экологическую составляющую следует признать важнейшей. В основе экологического аспекта устойчивого развития лежит принцип гармонизации наших потребностей с естественными возможностями биосферы – ее несущей (экологической) емкостью. Такой подход совершенно не согласуется с принципами рыночной экономики, рассматривающей экологию как систему ограничений развития экономики.

Одним из важнейших понятий, с которым связан экологический подход к проблеме устойчивого развития, является *экологическая емкость биосферы*. Существуют нижний и верхний пределы экологической емкости биосферы. С экологической точки зрения преодоление того или иного предела означает начало нарушения биологической регуляции и перехода системы в неустойчивое состояние,приводящее в конечном итоге к деградации биосферы. *Следовательно, устойчивое развитие может существовать только тогда, когда хозяйственная деятельность не выводит экосистему за пределы ееэкологическойемкости* [2, 3].

Можно ли считать развитие устойчивым при современном природопользовании?

В основе устойчивого развития современного общества лежит обеспеченность его природными (продовольственными и энергетическими) ресурсами. По мере исчерпания ресурсов исчезает базисная основа социально-экономического развития, что приводит к снижению темпов развития и, в конечном итоге, к деградации биосферы и экологическому кризису. Таким образом, перспектива развития общества определяется системой природопользования, лежащей в основе всей стратегии взаимодействия человека с природой, и общим объемом жизнеобеспечивающих ресурсов на Земле.

По своей природе жизнеобеспечивающие ресурсы подразделяются на два вида: возобновляемые и невозобновляемые.

Возобновляемые ресурсы

Под возобновляемыми понимаются ресурсы, восстанавливающиеся после потребления естественным или искусственным (антропогенным) путем в объеме, необходимом для сохранения экологической емкости биосферы. К возобновляемым ресурсам относятся атмосферный воздух, вода, ландшафты, животные и растительные виды биоты и др.

С экологической точки зрения стратегия природопользования, основанная на возобновляемых ресурсах, является эффективной и отвечающей требованиям устойчивого развития, если потребляемые ресурсы восстанавливаются за счет природных процессов биотической регуляции, применения антропогенных технологий или комбинации того и другого.

*Ресурсы атмосферы.*Атмосфера Земли располагает огромными запасами чистого воздуха. С развитием цивилизации потребление кислорода резко возросло и за последние 50 лет составило около 200 млрд. т. Это, примерно, столько же, сколько его было израсходовано за весь доиндустриальный

период. Быстрый рост потребления кислорода и выброс техногенных загрязняющих веществприводит к тому, что на отдельных территориях локального или даже регионального масштаба происходит преодоление экологического потенциала по содержанию чистого атмосферного воздуха. Почти в 80% городов России, где регулярно ведется наблюдение за состоянием атмосферного воздуха, концентрация загрязняющих веществ превышает санитарные нормы, а в 44 городах (21% от общего количества), с проживанием 12% городского населения России (13.5 млн человек), отмечается высокий и очень высокий уровень загрязнения атмосферы [4].

Большое влияние на загрязнение окружающей среды (включая атмосферу) оказывает накопление твердых коммунальных и некоторых отходов производства и потребления. Места размещения отходов в России во многих случаях не обустроены и не отвечают экологическим требованиям. Накопление и хранение отходов производится на открытых полигонах и свалках, не оборудованных соответствующей защитой, из-за чего они становятся очагами массированных выбросов в атмосферу вредных отходящих газов.

Очевидно, что загрязнение воздуха выше допустимого предела не способствует устойчивому развитию территории. Для преодоления этой проблемы, помимо снижения техногенных выбросов, требуется применение антропогенных технологий по очистке воздуха в значительно бóльших объемах, чем это делается сейчас.

*Водные ресурсы.*Еще более серьезные проблемы возникают с использованием другого возобновляющего ресурса – пресной воды.Из-за уменьшения запасов, загрязнения и увеличения потребления, объем экономически доступных пресных вод в мире постоянно сокращается. Ожидается, что уже в ближайшие десятилетия объем загрязненных вод превзойдет доступный ресурс их потребления, что приведет к критической ситуации с водоснабжением во многих регионах мира.

Дисбаланс водообеспечения обуславливается двумя важнейшими причинами:неравномерным выпадением осадков и нерациональным водопотреблением в различных регионах, взаимосвязанным с климатическими условиями и характером хозяйствования; загрязнением вод и снижением их питьевого ресурса.Указанные причины обуславливают формирование зон дефицитного и, наоборот, избыточного водообеспечения. Дефицит пресной воды возрастает помимо роста водопотребления за счет ее загрязнения. По имеющимся данным, в процессе антропогенной деятельности на Земле загрязняется почти половина доступного объема ее потребления [6]. Наиболее мощными являются сбросы сточных вод (около 2000 км^3/год), образующиеся в коммунальном и сельском хозяйстве, а также на промышленных предприятиях энергетического, строительного и других профилей. На городских и промышленных территориях интенсивно загрязняются не только поверхностные, но и подземные воды.

Дефицит качественной питьевой воды является важным фактором состояния здоровья населения. Еще в XIX веке Луи Пастер говорил: «люди выпивают 90% своих болезней». В России ежегодно фиксируется до 1000

дополнительных случаев заболеваний на 100 тысяч населения, обусловленные не качественной питьевой водой [5]. Нехватка питьевой воды стимулирует развитие рынка бутилированной воды. С 1994 г. по 2000 г. мировое производство бутилированной воды возросло с 58 до 144 млрд. л в год. Стоимость одного литра бутилированной воды составляет в среднем 1 доллар США, что дороже стоимости литра нефти.

Наряду с дефицитными, на Земле образуются переувлажненные зоны, где поступление воды превышает допустимый предел, что также создает критические ситуации и дестабилизирует развитие экосистем. В России переувлажнение формируется на значительной части Сибири и Дальнего Востока, а также на территориях, прилегающих к горным хребтам южного обрамления России. Избыточное количество поверхностных и подземных вод на этих территориях вызывает развитие различных опасных гидрологических и геологических явлений, угнетающе действующих на биосистемы и приносящих огромный социальный и материальный ущерб. К числу таких процессов относятся затопление, подтопление, переувлажнение почв, водная эрозия, абразия, образование оползней и плывунов, суффозия, развитие карста и другие. Особенность таких территорий − изменчивость и сезонность режима переувлажнения, связь его с гидрометеорологическими процессами. Этим объясняется неравномерный характер проявлений гидрологических опасностей: наиболее опасными они становятся при интенсивных ливнях на фоне дождливого летнего сезона, а в предгорных районах – в жаркие периоды, когда идет таяние снега и ледников.

Анализируя ситуацию с водными ресурсами, можно отметить нарушение устойчивости развития общества из-за образования зон с дефицитом и, наоборот, с избытком пресных вод. В обоих типах зон происходит превышение нижнего или верхнего предела экологической емкости экосистемы, что сопровождается появлением экологических проблем, приводящих к крупным материальным и социальным потерям.

Невозобновляемые ресурсы

Под невозобновляемыми понимаются ресурсы, использующиеся человеком в хозяйственных и других целях и не восстанавливающиеся в экосистемах естественным путем или с помощью антропогенных технологий. К невозобновляемым ресурсам относятся, прежде всего, углеводородные и другие минеральные полезные ископаемые, сформировавшиеся в течение многих десятков и сотен миллионов лет в недрах Земли. Это - газ, нефть, каменный уголь, черные и цветные металлы, минеральные удобрения и другие полезные ископаемые. Невозобновляемые ресурсы формируются в результате сложных биосферных взаимодействий и геодинамических процессов внутри Земли. Многие из этих процессов до настоящего времени остаются плохо изученными. Кроме того, скорость их образования на много порядков ниже скорости их потребления. Поэтому говорить о возобновлении этих ресурсов в экосистемах естественным путем или с применением антропогенных технологий не приходится.

В России осуществляется добыча более 30-ти видов полезных ископаемых. По 18 видам разрабатываемых ископаемых наблюдается ежегодный рост объемов получаемой продукции, а по остальным – объем добываемой продукции стабилизировался или начал медленно спадать. Важно, что добыча основных видов энергетических ресурсов (нефть, газ, каменный уголь) продолжает расти. В 2017 г Россия добыла 546,8 млн т нефти и газового конденсата, 691,1 млрд $м^3$ попутного и нефтяного газа, 408,9 млн т угля [4]. Подтвержденных запасов нефти в России хватит на 58 лет, газа -107 лет, меди – 139 лет, золота и никеля соответственно на 53 и 25 лет [7].

Гигантский рост потребления невозобновляемых ресурсов обуславливает быстрое сокращение их запасов на Земле. Не исключено, что уже к концу XXI столетия человечество окажется на «голодном пайке». А как жить дальше? Остается одна спасительная надежда, связанная с океаном, точные минеральные ресурсы которого еще не известны, но они не малые [8, 9].

Как энергетические, так и минеральные прогнозируемые ресурсы океана, существенно превосходят ресурсы суши. Эксперты утверждают, что около 70% всех ресурсов нефти на планете принадлежат дну океана, из которых 60% − на шельфе, а 40% − в глубоководной части. Уже сегодня треть от общей добычи нефти и газа (34% и 38% соответственно) добывается в мировом океане. Ресурсы газогидратов − топлива будущего, прогнозируются равными $(5\text{-}15)\cdot10^{15}$ $м^3$. Это вдвое превышает мировые ресурсы угля, нефти и газа на континентах. Глубоководные залежи минеральных ресурсов – последняя кладовая человечества. На сколько лет человечеству хватит этих ресурсов? Можно ошибаться в прогнозе, но ясно одно: рано или поздно они закончатся в силу их невозобновляемости. Поэтому развитие экономики с ориентацией на расширенное природопользование ископаемых ресурсов Земли является не бесконечным и не может обеспечить в будущем устойчивое развитие.

Как сохранить устойчивое развитие?

Проблема сохранения устойчивого развития относится к числу важнейших вызовов современной цивилизации, без решения которой общество лишено будущего. Ресурсы Земли не бесконечны. При современном природопользовании жизнеобеспечивающие ресурсы на Земле рано или поздно закончатся. Наступает ответственный момент, когда необходимо принять жизненно важное решение - переход на принципиально новую систему природопользования, основанную на возобновлении природных ресурсов. Такой переход предусматривает выполнение двух основополагающих требований: 1) перехода на рациональное природопользование; 2) разработку принципиально новых ресурсовозобновляющих технологий.

Рациональное природопользование основывается на применении наилучших доступных технологий (НДТ), являющихся экономически эффективными и технически разработанными, позволяющими повышать энергоэффективность и снижать природоемкость выпускаемой продукции,

осуществлять реабилитацию деградированных ресурсов, вести освоение природных ресурсов на принципах «зеленой» экономики. На основе таких технологий должно осуществляться повышение эффективности энергообеспечения, водо-, земле- и лесопользования, использования ресурсов океана; сокращение выбросов, адаптации к глобальным изменениям климата, развития арктических, таежных, горных, степных регионов, совершенствования прогнозирования риска природных катастроф и т.д.

В сфере горнодобывающей промышленности наилучшие доступные технологии позволяют перейти от наращивания объемов потребляемых ресурсов к более глубокой переработке ископаемого сырья, повышению эффективности добычи необходимых минеральных компонентов с дальнейшей переработкой (рециклингом) отходов производства. Следует добиваться повышения степени извлечения полезных ископаемых из недр, а также полноты и комплексности выделения полезных элементов из руд за счет повышения культуры производства и технологического развития.

Декларируемое сейчас развитие цифровой экономики требует дальнейшего совершенствования технологий по разработке информационных систем и составлению цифровых карт районирования территории Арктики, Сибири, Дальнего Востока, юга России по природно-ресурсным и экологическим условиям, распространению природных и техногенных катастроф. Наличие таких карт позволяет разработать программу рационального пространственного развития России.

Применение наилучших доступных технологий открывает возможность введения разумных ограничений природопользования на основе экономического анализа и оценки ресурсного потенциала, разработать концепцию создания резервного запаса жизненно важных природных ресурсов, разработать систему экономического стимулирования для повышения инвестиционной привлекательности регионов. Кроме того, это позволяет снизить социальные и экономические потери от неэффективного использования земель сельскохозяйственного назначения и лесных фондов, водных акваторий, потерь от природных и техногенных катастроф.

Второй не менее важной задачей является ***разработка принципиально новых ресурсовозобновляющих технологий***. Выступая на пленарном заседании 70-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН 28 сентября 2015 г. в Нью-Йорке, Президент России В.В. Путин заявил: «*Нам нужны качественно новые подходы. Речь должна идти о внедрении принципиально новых природоподобных технологий, которые не наносят урон окружающему миру, а существуют с ним в гармонии и позволяют восстановить нарушенный человеком баланс между биосферой и техносферой. Это действительно вызов планетарного масштаба*».

Следует отметить, что технологии должны быть принципиально новыми и природоподобными, т.е. воспроизводящими процессы, протекающие в экосистемах биосферы. Только в этом случае можно быть уверенными, что внедрение их не приведет к появлению экологических проблем, а позволит восстановить экологическую емкость экосистем и способствовать к устойчивому развитию.

В качестве примера можно привести технологиипо управлению отходами. В настоящее время реализуется ряд технологий по удалению отходов. Наиболее перспективной считается технология сжигания. Однако сжигание не уничтожает отходы, а только переводит их во вредные газообразные выбросы и загрязненную золу. Кроме того, сжигание нельзя считать природоподобной технологией, поскольку такого способа утилизации отмирающей биоты в биосфере не существует. Вместо этого в природе широко распространен процесс биологического и химического разложения. В биосфере разлагается не только отмершая биота, но и горные породы (процессы выветривания). В основе разложения лежит процесс распада стареющих или отмирающих компонентов биосферы на элементарные структуры – химические элементы, и возвращение их в геохимические циклы Земли, где они используются в биосферном синтезе и получении новых компонентов биосферы. Именно процесс разложения может быть взят в основу разработки антропогенной технологии переработки отходов. Такая технология в настоящее время отсутствует. Разработка ее – одна из научно-технических задач, которую необходимо решить в процессе перехода на стратегию возобновляемого ресурсопользования и устойчивого развития.

Еще более важная задача − разработка новых технологий получения энергетических ресурсов. Основная доля в получении возобновляемой энергии принадлежит гидроэнергетике. Солнечная и ветровая энергетика по-прежнему составляют относительно небольшую долю в общем объеме вырабатываемой энергии. Гидроэнергетика является более эффективной, но она встречает много возражений, связанных с водоперераспределением и появлением вместе с этим экологических проблем. Не менее сложно обстоит дело с атомной энергетикой. В настоящее время на атомных станциях вырабатывается около 11% мирового производства электроэнергии. По своей природе атомную энергетику нельзя считать полностью возобновляемой, так как она основана на использовании минерального сырья − урана, не восстанавливаемого в природе. Но главное заключается в том, что этот вид энергетики создает много проблем с безопасностью АЭС и хранением отработанного топлива. Поэтому ряд стран, таких как Германия, отказались от использования атомной энергии, вырабатываемой на АЭС. В настоящее время ведется работа над созданием реактора 4-го поколения, работающего на быстрых нейтронах. С переходом на этот вид реакторов будет соблюдаться принцип «радиационной эквивалентности», когда опасность отработанных радиационных отходов будет примерно эквивалентной радиации, создаваемой ураном в его естественном залегании.

Роль науки в разработке новой стратегии природопользования

В настоящее время обсуждаются различные виды экономик: рыночная, «зеленая», низкоуглеродная, энергоэффективная и т. д. Однако, важнейшей следует считать экономику знаний, ибо наука - самая высокопроизводительная сфера в современном обществе. Без научных разработок изменить стратегию природопользования и реализовать переход от невозобновляемого к возобновляемому природопользованию практически

невозможно. Это доступно только в условиях высочайшего уровня научно-технического прогресса, получения новых научных знаний, глубокого познания биосферы и законов ее функционирования.

К сожалению, в России развитие экономики знаний в ближайшей перспективе остается не ясной. В условиях рыночной экономики интерес к науке в нашей стране пропал, она оказалась «за кадром». Судя по действиям Федерального агентства научных организаций (ФАНО) (ныне Министерства науки и высшего образования), науку стали относить к расточительной сфере, приносящей стране больше убытков, чем прибыли. Поэтому финансирование отечественной науки сведено до беспрецедентного уровня − не превышает 1% от ВВП страны, в то время как в США – 2.9%, в Японии – 3.5%, Германии – 2.9%, во Франции – 2.2%, в Великобритании – 1.8%, Республике Корея – 3.5%, Китае – 1.6% ВВП. К этому следует добавить направленное разрушение Академии наук России. Если так пойдет дальше, то к приближающемуся 300-летнему юбилею Указа Петра I о создании Российской академии наук, РАН прекратит свое существование. В связи с этим уместно вспомнить высказывание Ф.Ж. Кюри: *«государство, которое не развивает науку, неизбежно превращается в колонию*».

Заключение

В последние годы все опасности природного характера сводились к потеплению климата. В действительности же наблюдающееся сейчас изменение климата является частью более глубинного процесса – нарушения устойчивого развития из-за нерационального природопользования, приводящее к изменению биосферы и истощению природных ресурсов – основы жизни. Изменения в биосфере развиваются со стремительной скоростью, приводя к росту на Земле деградированных территорий. Происходящие климатические изменения, тесно связанные с этими процессами, усугубляют проблему деградацию биосферы.

Выход из неблагоприятно развивающейся ситуации может быть только один: необходимо перейти на принципиально новую стратегию природопользования. Новая стратегия должна базироваться на принципе возобновляемого природопользования, как это было сказано еще в 1992 г. на Всемирной конференции ООН по устойчивому развитию. Такой переход могут обеспечить только научные знания о природе биосферы, ее законов, а также разработанные на их основе рациональное природопользование и принципиально новые технологии. Нужно спешить. Остался небольшой ресурс времени, чтобы осуществить переход на новую стратегию природопользования. Что опередит − процесс деградации биосферы или возобновление ее ресурсов на основе новых технологий? Именно это будет определять, выживет ли современная цивилизация или нет.

Хочется верить, что человеческая мысль одолеет ожидаемые трудности и люди смогут найти выход в пока что трудно воспринимаемое состояние, названное В. И. Вернадским ноосферой – сферой разума.

Литература

1. *Повестка дня на XXI век.* Принята Конференцией ООН по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро,1992,[Электронный ресурс http//www/un.org/ru/documents/decl/conv/conventions/agenda21.shtml]

2. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Экологический вызов и устойчивое развитие. М.: Прогресс-Традиция. 2000, 416 с.

3. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году». Министерство природных ресурсов и экологии. М.: 2018. 895 с.

4. Ревич Б.А. Окружающая среда и здоровье населения. // Доклад о человеческом развитии в России за 2017 г. Экологические приоритеты для России. М.: Аналитический центр при Правительстве РФ, 2017. С. 85-106.

5. Helmer R. Water Demand and Supply1997 // Nucl. Desalinat. Sea Water: Proc. Int. Symp., Taejon, 26-30 may, 1997, Vienna, 1997. P. 15-24.

6. Деловая газета. Путеводитель международного бизнеса. №120/121. Октябрь-ноябрь, 2016.

7. Осипов В.И. Биосфера и экологическая безопасность. М.: РУДН. 2017. – 136 с.

8. Anderson R. Resource depletion. Opportunity or looming catastrophe? BBCNews, 12.06.2012. https://www.bbc.com/news/business-16391040

9. Осипов В.И. Экология и рыночная экономика // Экономические стратегии. 2016. № 8. С. 6-13

1. РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ. ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ И ДОСТИЖЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

РЕКРЕАЦИОННОЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ В ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОМ ПЛАНИРОВАНИИ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

И.В. Андреева

Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН
656038, Барнаул, ул. Молодежная, 1. E-mail: direction-altai@yandex.ru

Рекреационное водопользование, трактуемое в российском законодательстве как использование водных объектов для целей отдыха, туризма и спорта, во всем мире является значимым, но теневым (не учитываемым и не просчитываемым) потребителем водных и прибрежных рекреационных ресурсов. Несмотря на объективную сложность даже текущей оценки масштабов отдыха у воды и на воде, его ресурсопотребления, эксперты прогнозируют рост потребления водных ресурсов для этих целей в будущем. Иными словами, ни практикам, ни науке не известно, каков потенциал водных объектов для рекреации и сколько каждым из возможных способов (с забором и возвратом воды, с забором без возврата воды, без забора воды) рекреация использует ресурсы сегодня, но стратегам уже точно известно, что в будущем ресурсов потребуется еще больше.

В этих обстоятельствах пытливые исследователи видят широкие исследовательские перспективы. Одно из актуальных направлений – эколого-экономические расчеты для поддержки территориального планирования прибрежных территорий. Опираясь на концепцию культурных «экосистемных услуг» подобные задачи чаще ставят перед собой зарубежные специалисты. При этом они единогласно признают поисковый характер своих работ и недостаточность имеющейся практики для теоретических обобщений [8]. Часто исследования ориентированы на единственный вид деятельности или рассматривают отдых как однородную систему, не учитывая ее сложности. В качестве объекта исследования предстают преимущественно побережья теплых морей и океанов с их очевидными рекреационными преимуществами. Еще более охотно исследователи изучают места заведомо

популярные для проведения отдыха и очень крупного масштаба, что позволяет собирать фактические данные непосредственно на месте.

Российская действительность и географические особенности страны диктуют необходимость поиска иных научных подходов. Отечественные исследователи вынуждены обращаться к большим внутриконтинентальным территориям, где планирование рекреационного водопользования ранее не проводилось, экосистемные услуги рассредоточены по множеству рек и озер, а сбор фактуры полевыми методами неэффективен ввиду огромных временных, трудовых и финансовых затрат [7]. К тому же национальные исследования, к сожалению, не имеют даже единой концептуальной основы [1], что на данном этапе изучения потенциала, спроса и потребления водных рекреационных ресурсов предопределяет наибольшую целесообразность дедуктивного подхода, позволяющего осмыслять ситуацию в направлении от общего к частному.

В качестве пояснения приведем положения одной из последних наиболее продвинувшихся работ в области ландшафтной оценки рекреационного потенциала региона для водных видов отдыха. Она проведена S. Kulczyk с соавторами [8] в одной из самых популярных туристских местностей Польши (Great Masurian Lakes) и основана на авторской модели (схема исследования) оценки связей между природным рекреационным предложением и социально-экономическим контекстом. Модель включает ресурсный блок (ландшафтные элементы и средства рекреации) и блок спроса (отдыхающие). Включение в модель оплачиваемых средств рекреации, таких как прокат судов (каноэ, лодок, водных велосипедов), аренда парусных яхт, платная швартовка в маринах, лицензии на рыбалку, позволили в итоге рассчитать прибыль от использования территории.

Такой подход часто используется в исследованиях рекреационных экосистемных услуг и в большинстве случаев служит для расчета денежной стоимости. Однако в последние годы широко признаются нематериальные экосистемные выгоды, что требует расширения этого узкого подхода включением в него ряда биофизических (ландшафтных) и социальных аспектов, таких как предложение, спрос и потребление с выходом на немонетарные значения оценки.

Разработки коллег мы сочли перспективными, поскольку потенциал для отдыха в них определен на основании ландшафтных свойств территории, а подобные расчеты выполнены нами ранее для территории собственного исследования – бассейна Верхней Оби [7]. В рабочую модель мы включили аналогичные блоки, но в остальном развили взгляды коллег в направлении адаптации к задачам и обстоятельствам собственного исследования, условиям территории и имеющимся фактурным данным.

Прежде всего, мы отошли от идеи стоимостной оценки, поскольку считаем, что в подобных исследованиях нуждаются в большей мере российские некурортные регионы, в которых практически все водные объекты рядом с населенными пунктами используются для рекреации. В таких районах отдых у воды по большей мере организуется населением самостоятельно. Здесь почти всегда нет туристской инфраструктуры и

сервисов, но они и не требуются. Также для граждан в России не предусмотрена плата за пользование водными объектами и прибрежными территориями для отдыха.

Рекреационную деятельность на водных объектах и их побережьях мы представили как физическое и интеллектуальное взаимодействие индивидов (физические лица, в том числе клиенты учреждений, но не самими учреждения) с экосистемами в процессе отдыха без забора воды. Мы посчитали также, что рекреационные мероприятия на воде и около воды следует рассматривать в форме пляжного отдыха и купания. Такой отдых является самым массовым из всех возможных видов отдыха у воды. Все остальные виды водной рекреации обычно служат дополнением к пляжной. Эта постановка позволяет учесть максимальное возможное количество пользователей рекреационными экосистемными услугами.

И, наконец, мы заменили полевой метод получения данных о количестве пользователей из модели [8] на официальные данные государственной статистики и регистрации, а также подтвержденную публикациями аналитику рекреационных предпочтений.

Кратко, не вдаваясь в детали (материалы находятся в печати) и не демонстрируя результаты (имеются расчеты на примере конкретных рек с разными особенностями расселения, экономики и рекреационными экосистемными предложениями), покажем некоторые теоретико-методические выкладки, позволяющие оценить соотношение между потенциальным спросом на водную рекреацию и потенциальным экосистемным предложением побережий и водных объектов.

Главная идея заключается в том, что на региональном уровне существуют территориальные ячейки – частные ландшафты с неким природным рекреационным потенциалом и потенциальным потребителем водных рекреационных ресурсов. Обе характеристики могут быть оценены количественно.

Природный рекреационный потенциал выражен: в площадях долинных (пойменных) ландшафтов трех степеней значимости, в длине участков рек и водоемов, в площадях акваторий внутри ландшафтов [2, 7]. Такие характеристики потенциала обусловлены необходимостью дальнейшей увязки с общепринятыми нормативами рекреационной нагрузки.

Спрос оценивается количеством потенциальных рекреационных водопользователей местных (из числа жителей населенных пунктов в полосе часовой транспортной доступности) и въездных (въезжающих с сопредельных территорий). Количество первых рассчитывается по официальной демографической статистике, вторых – по официальным данным о вместимости прибрежных объектов туризма и отдыха.

Социологическая статистика рекреационных предпочтений [3, 5, 6] позволила рассчитать значение коэффициента готовности к осуществлению околоводного отдыха среди местных жителей. Он равен 0,21, что соответствует 21% от общей численности населения в границах операционной территориальной единицы. Количество въездных пользователей рассчитывается по совокупному количеству мест в объектах

размещения с применением коэффициента пропускной способности, равного 133,3. В коэффициент заложена продолжительность купального сезона 60 дней в году и 100% загрузка объектов гостеприимства в этот период, учтено также среднее по стране соотношение отдыхающих в официальном и «сером» секторах туристского рынка, равное 9:11.

Для обозначения степени удовлетворения потенциальной потребности собственного населения и въездных отдыхающих в услугах водной рекреации, предоставляемых экосистемами водных объектов и прибрежных территорий, введен особый оценочный параметр – обеспеченность рекреационного водопользования. Его количественное значение увязано с общепринятыми и нормированными понятиями: «допустимая рекреационная нагрузка» и «рекреационная емкость». В России для водозависимых видов отдыха антропогенная нагрузка уточняется по длине береговой линии в зависимости от природных условий, но в любом случае количество отдыхающих не должно превышать 200 человек на 1 км берега. Допустимая нагрузка на акваторию для купания составляет 100 чел./га [5]. При этих условиях рекреационная емкость прибрежных ландшафтов определяется по формулам:

$$C_{tr} = 400 \times L_r \quad (1) \text{ или}$$
$$C_{tl} = 200 \times L_l \quad (2), \text{ где}$$

C_{tr} – рекреационная емкость побережья реки или его участка, чел.;
C_{tl} – рекреационная емкость побережья озера или его участка, чел.;
L_r – длина побережья реки или его участка в ландшафте, км;
L_l – длина побережья озера или его участка в ландшафте, км;
200 – допустимая рекреационная нагрузка на территорию, чел.;
400 – удвоенное значение допустимой рекреационной нагрузки на территорию, чел./км, обусловленное нахождением обоих берегов реки в одном ландшафте (в нашем случае).

Для расчета рекреационной емкости акватории для купания необходимы сведения о ширине зоны купания. Однако специальные замеры не проводились, а общепринятые нормативы (от уреза воды до буйков для взрослых 70-75 м, для родителей с детьми – 30-40 м, для детей – 20-25 м [4]) корректны не для всех водных объектов. Для рек Западной Сибири, например, по морфометрическим характеристикам и температурному показателю экспертно установлена средняя ширина зоны купания в 5 м. Поскольку оба берега реки находятся в одном ландшафте, то на реках ширина зоны купания составляет 0,01 км. Исходя из этого рекреационная емкость акватории для купания может быть вычислена по формулам:

$$C_{ar} = 100L_r \quad (3) \text{ или}$$
$$C_{al} = 50L_l \quad (4), \text{ где}$$

C_{ar} – рекреационная емкость акватории реки для купания, чел.;
C_{al} – рекреационная емкость акватории озера для купания, чел.;
100 – допустимая нагрузка на акваторию для купания, чел./га.

Имея данные о рекреационной емкости территории, рекреационной емкости акватории и общем числе потребителей стало возможным рассчитать соотношение между экосистемным предложением для водной рекреации и потенциальным спросом. Исходя из соображений, что рекреационная емкость территории (акватории) представляет собой 100% предложения, простым определением процентной доли получены формулы расчета обеспеченности рекреационного водопользования:

$$S_{tr} = U/4L_r \quad (5),$$
$$S_{ar} = U/L_r \quad (6),$$
$$S_{tl} = U/2L_l \quad (7),$$
$$S_{al} = 2U/L_l \quad (8), \text{ где}$$

S_{tr} – обеспеченность спроса на побережье реки, %;
S_{tl} – обеспеченность спроса на побережье озера, %;
S_{ar} – обеспеченность спроса на акватории реки, %;
S_{al} – обеспеченность спроса на акватории озера, %;
U – сумма местных и въездных рекреационных водопользователей, чел.

Количественно обеспеченность рекреационного водопользования выражается в процентах и представляет собой долю потенциально используемого потребителями ресурса от имеющегося экосистемного предложения. Значение обеспеченности менее 100% говорит о профиците ресурса и безопасном уровне возможной антропогенной нагрузки, более 100% – о его дефиците, риске необратимых отрицательных изменений среды и необходимости планировочных решений о перераспределении рекреационных потоков.

Следует сделать некоторое пояснение относительно итоговых формул. Они могут применяться выборочно в зависимости от конкретных обстоятельств. В нашем же случае, например, пляжный отдых на побережье и купание на акватории рассмотрены как единый комплексный вид рекреационной деятельности, поэтому для исключения двойного учета одних и тех же пользователей в качестве рабочих намииспользованы формулы 6 и 8. Поскольку значениеобеспеченности на акватории вдвое выше аналогичного показателя на территории, такой выбор позволяет учесть максимально возможное количество потенциальных потребителей экосистемных услуг.

В заключении отметим, что аналогичные исследования активно прогрессируют за рубежом, а результаты их служат поддержкойв управлении территориями, в частности – прибрежными. На их основе выявляются конфликты между конкурирующими видами использования территориии принимаются решения по их урегулированию. Вместе с тем, новизна этого многоаспектного научного направления открывает перед исследователями множество научных перспектив.

Литература

1. *Андреева И.В.* Рекреационное водопользование: историография и стратегия изучения // Известия Алтайского отделения русского географического общества. 2017. №3 (46), с. 5-14.
2. *Андреева И.В., Циликина С.В*. Ландшафтно-географический метод пространственной оценки водоресурсного потенциала для целей рекреационного водопользования // Водное хозяйство России. 2017. №5, с. 34-50.
3. *Какорина М.В.* Рекреационные потребности работников как фактор мотивации трудовой деятельности // Вопросы экономики и права. 2014. №2, с. 48-51.
4. *Колотова Е.В.* Рекреационное ресурсоведение: уч. пособие. М., 1999. 217 с.
5. *Нуксунова А.М.* Досуговое поведение россиян // Мониторинг общественного мнения. 2010. №4 (98), с. 231-246.
6. *Опарин Г.А.* Досуг молодежи // Труды Санкт-Петербургского государственного университета культуры и искусств. 2013. Том 195, с. 56-64.
7. *Andreeva I.,* 2019. Spatial assessment of recreational ecosystem services in the large inland river sasin (Upper Ob, Russia). Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 14, 1, 67-76; DOI:10.26471/cjees/2019/014/059.
8. *Kulczyk, S., Wozniak, E., Derek, M.,* 2018. Landscape, facilities and visitors: An integrated model of recreational ecosystem services. Ecosystem services 31, 491-501.

О ВАРИАЦИЯХ УРОВНЯ ОЗЕРА БАЙКАЛ

В.К. Балханов[1], Ю.Б. Башкуев[1], Л.В. Балханова[2]

[1]Институт физического материаловедения СО РАН
г. Улан-Удэ, 670047 ул. Сахъяновой 6, Россия.E-mail: ballar@yandex.ru
[2]Бурятский государственный университет
г. Улан-Удэ, 670000 ул. Смолина 24а, Россия, E-mail: balhanovalarisa@gmail.com

Введение. Снижение уровня воды до 456 м по тихоокеанской системе высот (ТО) в Байкале ожидалось в феврале 2017 года[1]. Приведем полезные для дальнейшего изложения статьи сведения об озере Байкал: подъем воды выше уровня Мирового океана - 456 м; площадь озера - 31722 км^2; объем воды в озере - 23615.39 км^3. Все числовые данные ниже даны на состояние озера весной 2017 г.При этом, в IV квартале 2016 г. приток составил не более 70% от нормы. К концу сентября 2016 г. при притоке на 20% ниже нормы озеро Байкал было наполнено до 456,50 м. С начала октября 2016 г. начались сбросы из оз.Байкал через Иркутский гидроузел. И на начало2017 г. уровень воды в озере составлял456,41 м. В мае 2017 г. отклонение от нормальной отметки составит до 20 см. Отметка 456 м будет восстановлена только к концу июня 2017 г.

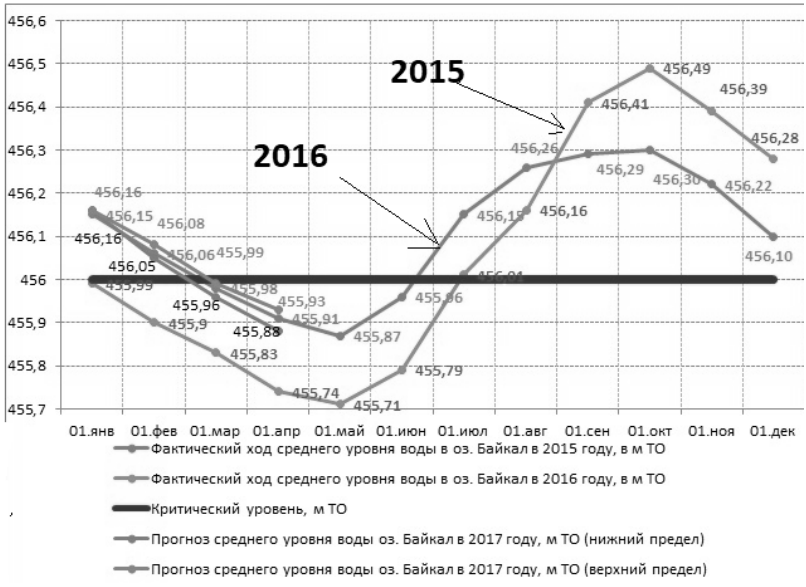


Рис. 1. Динамика среднего уровня оз. Байкал за 2015-2016 гг. и прогноз на 2017 г.

Максимальная отметка (456,50 м) была отмечена на Байкале в период 25-28 сентября 2016 г., но с тех пор уровень воды только снижался. Такое

снижение связано со сбросными расходами через Иркутский гидроузел, осуществляемыми в размере 1300 кубометров в секунду($\approx 41\ км^3/год$) [2]. Когда наблюдается такое экстремальное маловодье, нужно выходить на проектный санитарный допуск — 1050 м^3/сек.Тогда, возможно, прекратится снижение уровня Байкала.

На рис. 1 показана динамика среднего уровня озера Байкал за 2015-2016 гг.и прогноз на зимне-весенний период 2017 г. На рис. 2 показаны величины стока в Байкал (нижняя ломанная) и из Байкала (верхняя ломанная) в 2008-2014 гг., данные [3].

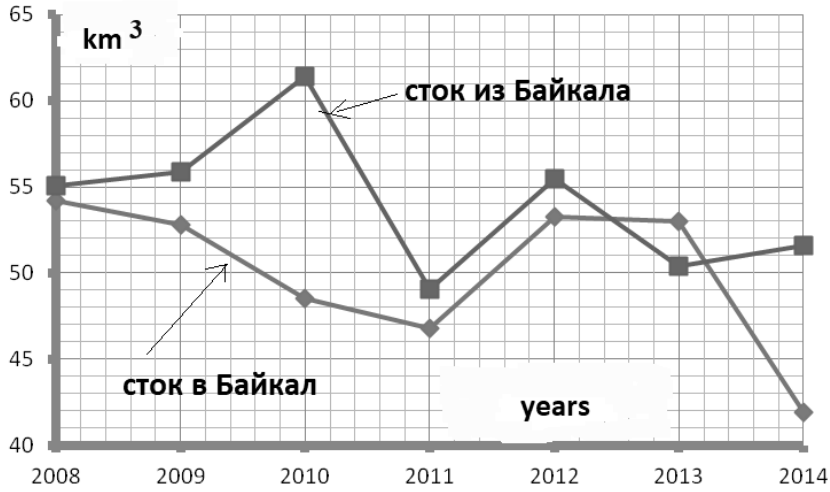


Рис. 2. Сток в и из оз. Байкал.

Задача нашей работы –провести расчеты с учетом различных факторов, приводящих к снижению уровня воды озера Байкал.

Различные ситуации снижения уровня оз.Байкал

Ситуация 1.Известно, что берега озера Байкал ежегодно расходятся примерно на $\Delta a = 2\ мм$. Посмотрим, как это сказывается на уровне водоема. Для этого примем, что озеро Байкал представляет собой своеобразный “бассейн” длиной $L = 625\ км$,шириной $a = 50\ км$ и средней глубиной $\langle H \rangle = 745\ м$. Величины подобраны так, чтобы сохранялся объем воды в водоеме. Действительно, поскольку объем водоема $W = 23615.39\ км^3$, то должно выполняться равенство

$$W = L \cdot a \cdot \langle H \rangle . \qquad (1)$$

Легко проверить, что это действительно так.

Так же можно найти площадь водоема S: $S = L \cdot a = 31259 \ км^2$. Эта величина мало отличается от фактической площади, равной 31722 км^2. Это указывает, что сделанный выше выбор длины, ширины и глубины “бассейна” оказался удачным.

Из формулы (1) видно, что если ширина озера увеличилась, то для сохранения объема необходимо уменьшить глубину водоема, т.е.

при замене $a \to a + \Delta a$ должно замениться $\langle H \rangle \to \langle H \rangle - \Delta H$.

Тогда из равенства

$$W = L \cdot a \cdot \langle H \rangle = L \cdot (a + \Delta a) \cdot (\langle H \rangle - \Delta H),$$

после раскрытия скобок, и пренебрежения $\Delta a \cdot \Delta H$ как величиной второго порядка малости, находим

$$\Delta H = \langle H \rangle \frac{\Delta a}{a}. \qquad (2)$$

Подставляя известные величины, получаем $\Delta H = 30 \ мкр/год$. Это настолько малая величина, что указанная расходимость берегов не может служить причиной уменьшения уровня водоема.

Ситуация 2.В последнее время, в течение нескольких лет было установлено, что приток всех водотоков в озеро Байкал заметно меньше стока воды через р. Ангару из озера. Так, например, за 2014 г. в водоем притекло $41.9 \ км^3$, а вытекло $51.6 \ км^3$ воды (рис. 2). Разделив разность $51.6 \ км^3$ - $41.9 \ км^3$ = $9.7 \ км^3$ на площадь $31259 \ км^2$, найдем понижение уровня водоема за год, равной $31 \ см$. Это существенная величина. Таким образом, одной из причин современного маловодья бассейна оз.Байкал является повышенный забор воды из р.Ангара Иркутским гидроузлом. Как видно на рис. 2, повышенный забор воды через р. Ангара происходит в последнее время каждые 4 года.

Известно, что на уровень водоема оказывают влияние испарение влаги с поверхности и атмосферные осадки в водоем. Однако эти случаи в понижении уровня оз.Байкал заметный эффект дать не могут. Дело в том, что по данным [3] атмосферные осадки на акваторию озера Байкал в среднем составляют $9.26 \ км^3$ в год. Разделив на площадь озера, найдем, что такой приток влаги увеличивает уровень Байкала примерно на $30 \ см$. Казалось бы, существенная величина. Но в природе все находится в долговременном равновесии. Влага постоянно испаряется в атмосферу, невзирая на время суток и погодные условия. При равновесии атмосферные осадки будут компенсироваться испарением влаги.

Ситуация3. Главным притоком озера Байкал является р. Селенга. За 2016 г. она ежесекундно привносила в озеро $700 \ м^3$ воды (или 700 тонн). Умножая эту величину на количество секунд в году ($1 \ год = 3.15 \cdot 10^7 \ с$), находим,

что за год р. Селенга привносит в озеро $22\ км^3$. Это половинаот всех 336 водотоков в оз. Байкал. Если река перекроется или высохнет, то оз.Байкал обмелеет на

$$\frac{22\ км^3}{31259\ км^2} = 70\ см.$$

Такое обмеление согласуется с наблюдаемым в последнее время падением уровня воды в озере Байкал, которое составляет около 1 м. Естественно, р.Селенга полностью не пересыхает, но могут в силу различных причин существенно уменьшиться поток от 336природных водотоков. Суммарно уменьшениеводотоков и повышенный водоотбор Иркутским гидроузлом приводит к заметному падению уровня озера Байкал.

Мы заключаем, что **современное обмеление Байкала связано с существенным уменьшением притока воды со всех водотоков в озеро и завышенным отбором воды Иркутским гидроузлом.**

Рассмотренные выше случаи были естественными, связанными с природными явлениями. Теперь рассмотрим искусственные способы уменьшения уровня водоема. Они заключается в бутилированииводы (случай 4) и в проектируемомтрубопроводе, выкачивающем байкальскую воду, и доставляемую, например, в Китай (случай 5).

Ситуация 4. Для производства бутилированной воды. забирают из Байкала ежегодно 2 млн. тонн воды. Этот объем равен суточному сбросу Иркутской ГЭС [4]. Выше установили, что забор воды за год Иркутской ГЭС равен $9.7\ км^3$. Разделив на количество дней в году, т.е. на 365, находим рассчитанный суточный отбор воды Иркутским гидроузлом, равным 0,0266 км^3/сутки или 26,6 млн т/сут. Эта величина во много раз больше годового объема бутилирования воды. Разделив объем бутилированной воды 2 млн. тонн на площадь бассейна $31259\ км^2$, найдем понижение уровня водоема за год, равной $64\ мкр$. Это очень малая величина. Следовательно, бутилирование байкальской воды заявленного объема не может привести к обмелению оз. Байкал. Интересно, что выкачиваемая за год через трубопровод вода в объеме 556 млн м^3 каждому из 145 млн. жителю России достанется по 3834 л – около 23.8 баррелей.

Ситуация 5.Предполагается выкачивать воду с помощью трубопровода. Чтобы оценить скорость перекачки воды, воспользуемся следующим обстоятельством. В промышленности есть хорошо разработанные технологии перекачки нефти и газа по трубопроводам. Перекачка нефти происходит со скоростью, примерно равно $1\ м/с$. Течение газа достигает $7 \div 25\ м/с$. Поскольку плотность воды занимает промежуточное положение между плотностями нефти и газа, то перекачка воды будет происходить с какой-то промежуточной скоростью, скажем примерно со скоростью $10\ м/с$.Нам надо выяснить, насколько за год уменьшится уровень водоема.

Поскольку трубопровод представляет собой трубу с круглым сечением радиусом *R*, то течение в ней описывается задачей Пуазейля.Если на разных концах трубы создать давления p_1 и p_2, то в трубе будет перепад давления $\Delta P = p_2 - p_1$, вызывающее течение воды в самой трубе. В трубе радиусом $R = 0.75\ \ м$ и длиной*l*водаплотностью $\rho = 1000\ \ кг/м^3$ будет течьс параболическим профилем скорости

$$V_z(r) = \frac{\Delta P}{4\ \eta\ l}\ \left(R^2 - r^2\right). \tag{3}$$

Здесь $\eta = 10^{-6}\ \ м^2/c$ - вязкость воды. Расход воды (масса в секунду= $\Delta M / \Delta t$) будетописываться следующей формулой Пуазейля:

$$\frac{\Delta M}{\Delta t} = \frac{\pi}{8}\frac{\rho\ \Delta P}{\eta\ l}\ \ R^4. \tag{4}$$

В нефтяной промышленности величину $\Delta M / \Delta t$ называют “дебитом”.Выводы формул (3) и (4) даются практически во всех учебниках, посвященных гидродинамике, поэтому здесь не приводятся.

При анализе течения водотоков полезным параметром является средняя скорость $\langle V \rangle$, для течения Пуазейля определяемая следующим образом:

$$\langle V \rangle = \frac{1}{\pi\ R^2}\int_0^R V_z(r)\cdot 2\pi\ r\ dr = \frac{\Delta P}{8\ \eta\ l}\ \ R^2. \tag{5}$$

Объединяя формулы (4) и (5), находим

$$\frac{\Delta M}{\Delta t} = \pi\ \rho\ R^2\langle V \rangle. \tag{6}$$

Замечательно, что в эту формулу не входят перепад давления и длина трубы.Если $\langle V \rangle = 10\ \ м/c$, то $\frac{\Delta M}{\Delta t} = 17.66\ \ тонн/c$. Теперь можно рассчитать падение уровня водоема за год. Поскольку $\Delta M = \rho\ S\ \Delta H$, то из (6) находим

$$\frac{\Delta H}{\Delta t} = \frac{\pi\ R^2}{S}\langle V \rangle. \tag{7}$$

Обратим внимание, что сюда не входит глубина водоема, ни истинная, ни средняя. Подставляя известные величины, находим $\Delta H / \Delta t = 1.8\ \ см/год$.На первый взгляд получили не очень-то и большую величину. Однако надо учесть, что с увеличением количества трубопроводов и с течением лет этот выкачиваемый объем байкальской воды может стать существенным. Можно

решить и обратную задачу – по известному значению падения уровня водоема найти среднюю скорость, с которой должна перекачиваться вода по трубопроводу. Оказывается, чтобы через нашу трубу вытекло за год столько воды, что глубина водоема уменьшится на $\Delta H = 10\ \ см$, средняя скорость должна быть

$$\langle V \rangle = \frac{S}{\pi\ R^2} \frac{\Delta H}{\Delta t} = 3.56\ \ м/с\,. \qquad (8)$$

Вполне реальная величина.

Заключение. В статье приведены все необходимые формулы, по которым можно рассчитать различные факторы, могущие привести к заметному уменьшению уровня водоема. Числовые данные приведены на состояние весны 2017 г. Показано, что рассмотренные природные факторы (случаи 1 и 4) никак не могут привести к заметному уменьшению глубины озера Байкал. Единственной возможностью существенного влияния на уровень водоема являются случаи 2 и3 – уменьшение притока воды от природных водотоков и повышенный забор воды из водоема. Прокладка трубопровода, случай 5, для выкачивания воды за 1 год не может существенно сказаться на уровне водоема, но за несколько лет и увеличении количества трубопроводов это влияние станет заметным. Мы не рассматривали осадки и испарение влаги. Считаем, что эти два процесса находятся друг с другом в равновесии.

Литература

1.Электронный ресурс. Режим доступа: http://ozerobaikal.info/baikal/baikal_vopros_otvet/11-uroven-bajjkala.html. Дата обращения 21октября 2017 года

2.Электронный ресурс. Режим доступа: http://www.meteorf.ru/press/news/13145/.Дата обращения 21октября 2017 года

3.ФГБУ «Иркутское УГМС» Росгидромета; ФГБУ «Забайкальское УГМС» Росгидромета. Электронный ресурс. Режим доступа: http://baikalfinans.com/lichnyie-dengi/kitayskiy-proekt-po-proizvodstvu-butilirovannoy-baykalskoy-vodyi-ne-naneset-uscherba-ozeru-14122015-14879406.html.Дата обращения 21октября 2017 года

О НЕОБХОДИМОСТИ ЭКОЛОГО-ЭСТЕТИЧЕСКОИ ОЦЕНКИ ОТРАБОТАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

П.Н. Баранов[1], О.П. Матюшкина[2], А.В. Ошкадер[3], Т.В. Хребтова[3]

[1]Днепровский национальный университет им. О. Гончара, 49044, г. Днепропетровск, пр. Д.Яворницкого 36, Украина, baranov_pn@bk.ru
[2]НТУ «Днепровская политехника», 49044, пр. Д.Яворницкого 19, Украина
[3]МБУДО РК «Центр научно-технического творчества», 298302, г. Керчь, ул. Пирогова 4, Россия. E-mail: anna_oshkader@mail.ru, tkhrebtova@mail.ru

На протяжении всей истории существования человека геологические объекты (месторождения полезных ископаемых, современные геологические процессы и исторические объекты в породных комплексах) обеспечивали экономическое благосостояние, служили стимулом для технического развития. Однако извлечение полезных ископаемых наносит непоправимый ущерб верхним слоям литосферы. Это выражается в том, что горные выработки (карьеры, шахты, карстовые провалы) изменяют рельеф дневной поверхности; нарушают гидрохимические циклы подземных вод; уничтожают почвенный слой.

Недостаточное умение управлять технологическими процессами зачастую приводят к техногенным катастрофам. Слабая экологическая культура и недостаточное понимание природных процессов создают экологические проблемы. Большинство отработанных месторождений полезных ископаемых (МПИ) являются проблемой для самого человека и только некоторые из них стали предметом научных изысканий, источником знаний об истории объекта, его экологических и эстетических особенностях. Человек согласно с учетом своих творческих особенностей смог максимально гармонизировать эколого-эстетические аспекты природных объектов, применительно к своей культуре и традициям.

С учетом экономических, экологических и эстетических показателей нами выделено несколько групп геологических объектов (табл. 1).

Рассмотрим более детально каждую из выделенных групп.

Первая группа геологических объектов – отработанные месторождения каменной соли в Польше - шахта Величка, где с XIII по XX века непрерывно велась промышленная добыча. В настоящее время шахта состоит из 7-ми галерей и уходит на глубину 198 м, а общая протяженность выработки составляет более 200 км [6].

Уникальные достижения в горном деле при добыче соли привлекали внимание со стороны общественности. В XV веке соляную шахту Величка начали показывать привилегированным особам в познавательных целях. До конца XVI века туризм оставался элитарным, а посещать горные выработки

можно было только с разрешения короля. В XVI веке были выявлены и доказаны лечебные свойства каменной соли, что еще больше усилило внимание к данному объекту.

Таблица 1.

Оценка месторождений полезных ископаемых

№	Статус МПИ	Экономический аспект	Экологический аспект	Эстетический аспект	Пример
1	Отработанные месторождения	Промышленная добыча исчерпана, внедрен удачный бизнес-проект	Проблемы решены	Потенциал раскрыт полностью	Шахта Величка (Польша)
2		Промышленная добыча исчерпана, рекультивация не проведена	Проблемы значительны	Потенциал не раскрыт	Месторождение малахита (Урал), соляные шахты Солотвина (Закарпатье), месторождение железных руд (Керченский полуостров).
3	Разрабатываемые месторождения	Промышленная добыча продолжается	Проблемы значительны	Потенциал не раскрыт, возможна утрата самобытности	Месторождение малахита (Конго), месторождение чароита (Россия)
4				Потенциал не раскрыт	Железорудные месторождения Кривбасса, месторождения мраморных известняков (Крым)

Для того чтобы горные выработки приобрели эстетический вид и особую привлекательность создавались художественные композиции из соли. В них отражены: история развития горного дела, государственные и исторические личности, традиции и культура региона.

В истории шахты по крайней мере дважды возникали серьезные экологические проблемы. Первая возникла в середине XX века. Непродуманность в деятельности при добыче соли привела к обвалу, а затем и затоплению некоторых горных выработок. Однако в дальнейшем выработки были восстановлены. Вторая проблема возникла в 1992 г. Во время горнопроходческих работ был вскрыт водоносный горизонт. И произошло катастрофическое затопление шахты. После этого она стала функционировать только как туристический объект. После устранения экологических проблем в 1998 г. ЮНЕСКО исключила шахту Величка из списка опасных объектов. В настоящее время Величка является культурным

центром, где проводятся конкурсы камерной музыки, научные конференции, торжества (свадьбы, корпоративы), лечебные мероприятия (день здоровья, здоровый сон, три часа здоровья).

Таким образом, горная выработка (шахта Величка), пройденная по каменной соли, стала экономически самостоятельной, что позволяет содержать шахту в экологически безопасном состоянии, находя возможности для развития искусства и эстетики.

Вторая группа геологических объектов – отработанные месторождения при отсутствии рекультивации. В основном сегодня они представлены заброшенными карьерами. В качестве примера можно привести уральские месторождения малахита Гумешевское, Меднорудянское и Высокогорское.

Малахит уральских месторождений был признан непревзойденным по качеству материалом, благодаря уральским мастерам, разработавшие технику русской мозаики. Созданные ими шедевры мирового искусства Эрмитажа, московского Кремля и Исаакиевского собора являются вершиной камнерезного мастерства. Малахит вошел в историю декоративно-прикладного искусства как камень, овеянный художественными произведениями, сказаниями, легендами, что позволило ему стать национальным (русским) самоцветом.

Малахит привнес в декоративно-прикладное искусство новое направление и новые возможности в архитектуре, а уральским мастерам мировую известность. Вместе с тем, отработанные месторождения малахита (карьеры) пока остаются невостребованные в туризме и бизнесе.

Экологические проблемы характерны также для отработанного месторождения Зеленая могила Елисеевского рудного поля (Запорожская область, Украина), где с 1938 г. добывали керамическое сырье и танталовый концентрат. В настоящее время эта открытая горная выработка (карьер) размером 500х100 м заполнена водой. Уникальность объекта заключалась в том, что здесь можно было увидеть самые древние породы Украинского щита; жилы декоративного графического пегматита; зональность рудных тел; редкие минералы тантала, циркона, граната, биотита, мусковита и др.

К этой группе также можно отнести многие известные месторождения мирового значения: Малышевское (изумруд) и Володарск-Волынское (топаз, горный хрусталь). В последнем когда-то были добыты уникальные драгоценные камни (кристалл кварца 10 т, огненный топаз 39 кг). В настоящее время горные выработки (шахты) после развала СССР были затоплены и восстановлению, как отмечают специалисты, не подлежат. Хотя, коммерческая составляющая безусловно присутствует, а, следовательно, экологические проблемы могли бы решаться одновременно.

Уникальные выработки открытого типа Керченского железорудного бассейна, которые несли в себе запасы керченита, анапаита и других ценных минералов, также затоплены и восстановлению не подлежат [8, 9].

Третья группа геологических объектов – месторождения полезных ископаемых, где эстетический аспект представлен самобытным камнесамоцветным сырьём. Их потенциал полностью не используется. Примером могут служить месторождения Демократической Республики

Конго (Заир), используемые в качестве медной руды, а эстетическим воплощением выступает малахит.

Месторождения малахита в ДРК были открыты в начале XX в. По своим масштабам и запасам (свыше 1000 т) они относятся к уникальным. Вместе с тем, высококачественный малахит незаконно вывозится из страны, а изготовленные из него высококачественные изделия чаще выдают за уральский. Из данного малахита изготавливают изделия низкого качества. Таким образом, яркий самоцвет бесследно растворяется в обществе, не оставляя следа в искусстве, культуре и истории. На месте отработанных месторождений остаются заброшенные карьеры.

Месторождение чароита в России относится к этой же группе. Чароит - это самоцвет с ярко выраженным художественным достоинством – сиреневым цветом. В настоящее время его используют для изготовления ваз, ювелирных вставок, шкатулок и других мелких предметов. Он остается малозаметным в декоративно-прикладном искусстве и поэтому, он так же, как и малахит Африки может «раствориться» в окружающей среде и только специалисты будут знать о существовании когда-то единственного в мире чароитового месторождения. Вместе с тем, этот уникальный камень по своей красоте и происхождению мог бы стать предметом декоративно-прикладного искусства мирового уровня и принести славу России.

Четвертая группа геологических объектов – разрабатываемые месторождения; они, кроме основного компонента, содержат камнесамоцветое сырье, но в силу узковедомственных интересов оно складируется в отвалах или дробится в строительный щебень. К таким месторождениям относятся железнорудные, гранитные, пегматитовые и базальтовые.

Железорудные месторождения Кривбасса являются одним из важных видов минерально-сырьевых ресурсов [4]. Кроме основных рудных компонентов на месторождениях встречается камнесамоцветное сырье: джеспилиты, халцедоны, кварц, тигровый глаз, кварциты. В настоящее время дана геммологическая оценка джеспилитам на участках недр, где возможна его попутная добыча. С помощью реальных художественных проектов и их реализации в декоративно-художественных изделиях ранее показана пригодность джеспилитов в камнерезной и ювелирной отраслях, а также применение в интерьере и малых архитектурных формах [5].

Принимая во внимание историческую роль джеспилита, его значение для экономики и высокие декоративные свойства, были разработаны проекты создания «Джеспилитовой комнаты», как памятника уникальному камню. Реализация этой идеи станет основанием для развития камнесамоцветного рынка, национальных традиций и культуры камня в регионе. Тем не менее, декоративные джеспилиты, представляющие экономический и эстетический интерес, не находят места в камнеобрабатывающей отрасли. Отработанные месторождения в виде открытых многокилометровых карьеров и площадок, участвующие в технологическом процессе (отстойники и обогатительные фабрики), отрицательно влияют на экологическую ситуацию в регионе.

Аналогичная ситуация характерна и для мраморизованных известняков

Крыма, запасы которых, как показывают геологоразведочные работы, не ограничены. Мраморизованные известняки были оценены согласно современной геммологической методике. В результате были выделены цветные мраморы с высокими декоративными и художественными свойствами, что позволяет отнести их в разряд самоцветов [7].

Экспериментальные изделия, выполненные из цветного мрамора, вполне применимы для производства адресной сувенирной продукции, в чем остро нуждается туристический бизнес Крыма [1, 2]. Широкий спектр цвета и многообразие рисунков позволяют создавать уникальные и неповторимые мозаичные пейзажи (панно). Вершиной этого направления может стать «Дом мрамора», как олицетворение природных богатств Крымского полуострова. Все это будет привлекать туристов и знакомить их с традициями и культурой Крыма.

Список таких месторождений можно продолжить и по гранитным карьерам Украинского щита, где многие виды декоративных камней (эпидозиты, милониты, тектониты, жильный кварц различной цветовой окраски) используются в качестве строительного материала (бута, щебня, крошки и т.д.). При этом, эпидозиты и цветной кварц являются полудрагоценными камнями второго порядка. Наиболее интересными с эстетической точки зрения, являются декоративные тектониты, встречающиеся в Тритузненском гранитном карьере (под г. Каменское), который может служить эталонным объектом при выявлении перспективных участков на камнесамоцветное сырье в Среднеприднепровском блоке Украинского щита.

Таким образом, эта группа геологических объектов имеет предмет эстетики в виде камнесамоцветного сырья, из которого возможно создать культурно-просветительские центры с экономическими, экологическими, эстетическими положительными характеристиками. Для этого необходима духовная убежденность общества в том, что геологическая среда и ее полезные ископаемые – не кладовая, откуда можно только брать природные богатства.

Камни-самоцветы с незапамятных времен привлекают человека высокой эстетической и материальной ценностью. В течение тысячелетий посредством общения с цветным камнем у человека возникло и развивалось чувство прекрасного, формировалось художественное мышление и вырабатывалась способность творческого восприятия окружающей среды. Это позволяет систематизировать сведения о культуре использования камня, наметить пути усовершенствования методологического инструментария эстетики и высветить перспективные направления исследований для дальнейшего реального приращения знаний в указанной области.

Выводы. Предложена эколого-эстетическая оценка МПИ, в основу которой положены эстетические аспекты природных объектов – минералов, горных пород, горных выработок и т.д. Они вызывают чувства и эмоции, что является движущей силой для создания шедевров мирового искусства, формируя при этом культурные традиции общества.

МПИ подразделены на 4 категории: отработанные месторождения как предмет искусства, бизнеса и научных изысканий; отработанные

месторождения, представляющие большие экологические проблемы; разрабатываемые месторождения, где можно попутно извлекать камнесамоцветное сырье и разрабатываемые месторождения, которые могут утратить свою самобытность.

Вышеперечисленный список не претендует на окончательный вариант. Он может и должен быть расширен. По большому счету необходимо составить эколого-эстетический кадастр геологических объектов из которого была бы понятна перспективность каждого объекта. Основная задача статьи - обратить внимание на проблему, о которой писал В.И. Вернадский, что высшая стадия развития биосферы – разумное преобразование первичной природы Земли с целью сделать её способной удовлетворять все материальные, эстетические и духовные потребности населения [3].

Литература

1. *Баранов П.Н., Ошкадер А.В., Хребтова Т.В.* Оползни Керченского полуострова - геологический музей под открытым небом // Труды Карадагской научной станции им. Т.И.Вяземского – природного заповедника РАН. 2018. № 1 (5). С. 25-42.
2. *Баранов П.Н., Хребтова Т.В., Подлипенская Л.Е., Ошкадер А.В., Матюшкина О.П., Лысенко В.В.* Эколого-минералогический туризм на Керченском полуострове (на примере гипса) //Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И Вернадского. География. Геология. 2017. Т. 3 (69). № 1. С. 3-19.
3. *Вернадский В.И.* Биосфера и ноосфера. М.: Рольф, 2002. 573 с.
4. Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины: В 2 т. / Госуд. геол. служба Украины. – Киев - Львов: Изд-во «Центр Европы», 2005. – Т.1: Металлические полезные ископаемые. – 785 с.
5. Самоцветы Украины. Джеспилиты / под ред. профессора П.Н. Баранова. Т. 2. К.: ЮвелирПРЕСС, 2006. 100 с.
6. Соляная шахта Величке: история, описание, фото. Режим доступа: http://www.putidorogi-nn.ru/evropa/265-shakhta-v-velichke
7. Цветные камни Крыма: монография / Баранов П.Н., Кравец М. Л., Баранова О.П. и др. Симферополь: Н. Оріанда, 2016. 172 с.
8. *Чуканов Н.В.* Минералы Керченского железорудного бассейна в Восточном Крыму. Минералогический альманах, 2005. Т.8. С. 1-109.
9. *Шнюков Е.Ф.* Минералы и мир. Киев, 2008. 521 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ГОРНО-МОРСКИХ РАБОТ НА ПОДВОДНЫХ РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ РОССЫПЯХ

Н.А. Богданов

Институт географии РАН, 119017 Москва, Старомонетный пер., 29. E-mail: nabog@inbox.ru

Современные прибрежно-морские редкометалльные россыпи широко распространены на берегах и шельфе Мирового океана. Особенности их формирования и динамики в разной мере изучены по отдельным регионам; в ряде мест производятся горно-морские работы (эксплуатационная разведка, добыча). Залежи генетически являются россыпями слоя волновой переработки; локализуются на определенных участках пляжей и дна отмелых песчаных аккумулятивных берегов или размываемых их сегментах; образовались вследствие унаследованной дифференциации обломочного материала (преимущественно поперечной); многие из них почти не имеют современного питания тяжелыми минералами (ТМ), например, в юго-восточной Балтике) [1-3, 7, 8].

Продуктивные пески – стратегический ресурс промышленно ценных ТМ (ильменит, рутил, циркон, монацит и др.), содержащих титан, цирконий, гафний и представляющих сырье для производства тория и церия. Вмещающие кварц-полевошпатовые (существенно глауконитовые в юго-восточной Балтике) пески, при оптимизации добычи могут использоваться как строительные материалы, в производстве удобрений, огнеупоров, в стекольной промышленности и т.п. [4, 6].

Приемы добычи пляжевых концентратов детально отработаны (Восточная Австралия и др. [2, 3]). Технология горно-морских работ на подводных залежах разработана слабо и требует оптимизации, поскольку динамизм верхней части береговой зоны существенно осложняет освоение россыпей данного типа, включая риски абразии берегов [3-5, 8].

Оптимизация добычи подразумевает определенные приемы в стратегии и тактике проведения работ применительно к конкретным природным условиям (морфо- и литодинамика взморья, горно-технологические параметры вмещающих песков и др.). Эффективность обеспечивается объективностью и правильностью концептуальной модели развития побережья, состояния береговой зоны и механизма формирования залежей.

Цель – разработка приемов оптимизации технологии подводной добычи для снижения потерь ТМ, разубоживания залежей россыпного поля и ущерба окружающей среде.

Примером служат детально исследованные на протяжении десятилетий россыпные поля Лиепайской и Вислинской песчаных литориновых пересыпей в юго-восточной Балтике. Структура и динамика подводных залежей устойчивы и во многом контролируются особенностями морфологии

дна и трансформации волн на мелководье, определяющих дифференциацию наносов по крупности и сепарацию по удельному весу. Продуктивные пески локализуются в зоне глубин моря (*H*) *H* = 3-15 м. Морфология дна характеризуется чередованием вдоль берега литологически обусловленных динамически устойчивых пологих щитообразных мезоформ рельефа (фестонов) и разделяющих их поперечных ложбин. Расстояние между их осями - от 100 м до первых км [3-5] (рис. 1).

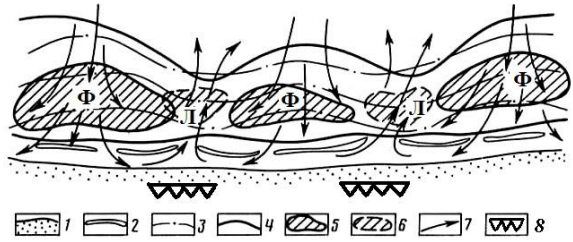


Рис. 1. Модель рельефа, структуры залежей и шлихования наносов на россыпном поле (индикация по структуре и многолетней динамике ТМ):
1-3 – рельеф: *1* – пляж, *2* – подводные валы, *3* – характерные изобаты, Ф и Л – фестоны и поперечные ложбины подводного берегового склона соответственно; *4-7* – россыпное поле: *4* – контур бортов россыпи (содержание *ТМ* < 20 кг/м^3); *5* и *6* – очаги повышенной концентрации *ТМ* в толще наносов 0-1 и в слое 0,5-1 м соответственно (залежи); *7-8* – динамика: *7* – «инструмент» шлихования наносов: прибрежные циркуляционные ячейки; *8* – участки повышенного риска абразии берегов.

Продуктивные площади расширяются, а мощности пласта увеличиваются на фестонах и уменьшаются в ложбинах. Они изменяются как с глубиной моря, так и по профилю подводного берегового склона. В среднем, в пределах фестонов: уменьшаются от 0,6 м до 1 м (*H* = 5-10 м) и не более 0,25-0,35 м (до *H* = 11-14 м). Вскрышная толща (0,5 м) песков ложбин понижает общую продуктивность горной массы при осреднении на пласт 1 м. Обогащенный ТМ горизонт – 0,5-1 м.

Важными горно-технологическими параметрами являются содержание тяжелых и полезных рудных минералов (*R*), сортированность вмещающих песков (*Sк*) и медианный диаметр частиц (*Md*). Сведения о пространственно-временной изменчивости горно-геологических свойств и параметров продуктивного пласта содержат результаты статического зондирования, вибробурения и повторных промеров. Фестоны сложены плотными тонко-мелкозернистыми хорошо сортированными наносами (*Md* = 0,085-0,25 мм, *Sк* = 1,82). В разделяющих их ложбинах они менее однородные и более рыхлые (*Sк* = 0,76-1,63, *Md* ≥ 0,27 мм). Выход тяжелой фракции из классов крупности *Md* = 0,1-0,071 мм и *Md* ≤ 0,071 мм составляет 23,8-60,6 % и 10,9-21,5 %, соответственно. Максимальные значения *R, Sк* и минимальные *Md* в толще 0-1 м приурочены к фестонам (глубины *H* = 7-10 м и *H* = 4-7 м: Вислинская и Лиепайская россыпи, соответственно). В ложбинах величины *R, Sк*

минимальны, а значения *Md* максимальны. Здесь наблюдаются разрывы продуктивных площадей с поверхности дна. В горизонте 0,5-1 м значения *R* соизмеримы или выше, чем на фестонах в слое 0-0,5 м.

Между элементами структуры в пределах россыпных полей циклично перераспределяются легкие, в меньшей степени тяжелые, минералы. Штормовые, нормальные к изобатам волнения, увеличивают продуктивность нижней толщи активного слоя наносов (АС). Штормы с косым подходом волн к берегу перемешивают и разубоживают ранее сформированные очаги концентрации ТМ. Перемещение мелкозернистых частиц 0,1-0,25 мм происходит лишь при волнениях, генерирующих течения скоростью ≥0,3 м/с. Скорость переноса тяжелых частиц ильменита в 3 раза меньше, чем вмещающего легкоминерального кварцевого песка той же размерности.

Цикличность продуктивности свидетельствует о слабой изменчивости условий привноса тяжелых минералов в зону россыпи. То же самое касается постоянства средних гидродинамических режимов на россыпном поле и мало изменяющегося во времени уровня дифференциации и сепарации осадочного материала. Подобная динамическая устойчивость россыпей данного типа характерна как на Балтике, так и в других регионах мира. Она отчетливо проявляется при отсутствии современной связи с источниками питания. Современные концентраты пополняются абразией берегов и размывом древних залежей, в меньшей мере – редких пятен третичных пород на дне мелководья. Наибольший риск интенсивной абразии при штормах и от переуглубления ложбин при добыче – берега напротив осей поперечных подводных ложбин.

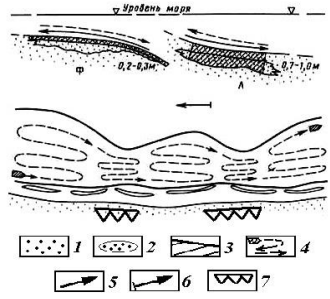


Рис. 2. Принципиальная схема стратегии и тактики подводной разработки редкометалльной россыпи:
1 – пески; *2* – залежи *ТМ*; *3* – оптимальные блоки и мощности выемки продуктивных песков; *4* – направление перемещения плавучего *ГОК*а при добыче; 5 – тенденция миграции донных наносов в циркуляционных ячейках; *6* – вектор вдольбереговой составляющей потока волновой энергии и переноса наносов в прибрежной литодинамической системе; *7* – участки повышенного абразионного риска на берегу при подводной добыче и воздействии штормовых волн.

Оптимальные варианты добычи учитывают изложенные обстоятельства. Подразумевается дражный способ разработки с последовательным сезонным перемещением плавучего горно-обогатительного комбината (ГОК) по россыпному полю вдоль побережья. В состав оборудования входит установка первичного обогащения горной массы, накопитель концентрата и пульповод для сброса отработанных песков (хвостов) в море (рис. 2).

Стратегия добычи рассматривается как долговременное планирование горно-морских работ в пределах россыпных провинций или районов. Она направлена на максимальные выгоды предприятия – рентабельность,

продолжительность выемки, минимальное разубоживание россыпных узлов и полей. Имеется в виду ряд обстоятельств: 1) пространственно-временные тенденции развития морфо- и литодинамических процессов; 2) региональные особенности гидрометеорологического режима; 3) влияние этих факторов на современное россыпеобразование; 4) изменчивость/устойчивость продуктивности и потенциальная способность россыпей к регенерации.

Стратегическое направление разработки должно происходить навстречу сезонной тенденции вдольберегового перемещения наносов внутри литодинамической системы. Хвосты сбрасываются в верхнюю часть подводного берегового склона и вниз по вдольбереговому потоку энергомассопереноса. Толщина слоя выемки соответствует мощности продуктивного пласта на внешней периферии россыпных полей. Невозможность регенерации при разработке на всю мощность продуктивного пласта определяет целесообразность выемки на слой 0,2-0,3 м, в котором содержится наибольшее количество ТМ. Продуктивность особенно велика в подошве слоя, где накоплению концентрата способствует взвешивающий эффект от проникновения в грунт фильтрационной волны.

Предлагаемая стратегия добычи, с одной стороны, обеспечит достаточные объемы горной массы для рентабельной работы перерабатывающих предприятий и снизит опасность регионального размыва берегов в связи с возвратом большей части объемов выемки в бюджет наносов береговой зоны. С другой – оставит возможность частичной регенерации россыпей из-за неполной разработки залежей. Продуктивность восстановится за счет сепарации наносов во время сезонных перемещений плавучего ГОКа.

Тактика разработки зависит от местных параметров среды, достоверность информации о которых обеспечит уменьшение потерь, разубоживания продуктивных площадей и минимизирует негативные экологические последствия выемки. Варианты добычи учитывают особенности залегания, структуры и динамики конкретных залежей:

1. Подводные фестоны: блоки выемки продуктивных песков – на пласт 0,2-0,3 м. ГОК перемещается сверху вниз по склону с одновременным челночным продвижением вдоль берега (глубины моря H = 4-15 м);

2. Поперечные ложбины: канавами – на пласт до 1 м. ГОК движется снизу вверх по склону (H = 4-7 м);

3. Комбинированный способ: в первую очередь – второй вариант добычи. Продвижение ГОКа вверх, а сброс хвостов вниз по склону – навстречу нисходящей ветви ячейки, интенсивность циркуляции которой увеличивается по мере роста уклонов дна от переуглубления при добыче оси ложбин. Занесение песками подводных карьеров обеспечивается выносом со смежных фестонов легкоминеральных наносов. Верхняя толща песков подвергнется дополнительному обогащению. После отработки ложбин подводная добыча проводится в пределах фестонов (первый вариант). Хвосты сбрасываются в смежные ложбины и верхнюю часть подводного склона.

Выводы. Оптимизация технологии горно-морских работ опирается на системный анализ условий залегания подводных россыпей. Морфология подводных россыпей контролируется рельефом, уклонами дна,

вещественным составом вмещающих песков и тесно связана с морфо- и литодинамикой подводного берегового склона. Гидрометеорологический режим определяет сезонность тенденций миграции взвесей и кварцевых песков вдоль берега. Миграции обособлены в прибрежных литодинамических системах, осложняются техногенным воздействием, контролируют состояние россыпных полей и элементов структуры залежей. Промежуточные гидродинамические режимы, благоприятные для обогащения залежей, трассируются пиками концентраций ТМ в толще наносов АС.

Проектирование и обоснование оптимальных схем добычи должно включать: а) ранжирование прибрежного ландшафта по признакам технологической и геоэкологической проблемности; б) оценку и предупреждение нежелательных последствий добычи для состояния смежных берегов и проведения возможных берегозащитных мероприятий.

Нежелательные последствия добычи выражены в абразионном риске. Он возрастает при активизации прибрежных циркуляций, вызванных переуглублением тальвегов ложбин карьерами. Высока опасность размыва пляжей, примыкающих к поперечным подводным ложбинам, по которым экстремальными штормами пляжеобразующие наносы могут безвозвратно выноситься во внешнюю часть береговой зоны.

Регенерацию россыпей после разработки на всю мощность продуктивного пласта исключает отсутствие современного их питания ТМ.

Рациональные приемы добычи обеспечат позитивные процессы: а) восстановление рельефа дна, б) минимизацию как длительного дефицита наносов в бюджете береговой зоны, так и разубоживания продуктивных площадей при выемке и сбросе хвостов, в) частичную регенерацию с увеличением срока эксплуатации месторождений, г) уменьшение риска абразии берегов.

Литература

1. *Айбулатов Н.А.* Деятельность России в прибрежной зоне моря и проблемы экологии / отв. ред. В.И. Осипов; Ин-т Океанологи им. П. П. Ширшова. М., Наука, 2005. 304 с.
2. *Айнемер А.И*., *Коншин Г.И.* Россыпи шельфовых зон Мирового океана. Л., Недра, 1982. 263 с.
3. *Богданов Н.А.* Прибрежно-морское россыпеобразование: редкометаллные залежи Юго-Восточной Балтики. М., Медиа-ПРЕСС, 2017. 200 с.
4. *Богданов Н.А.* О Прибрежно-морское редкометаллное россыпеобразование: краткий очерк состояния проблемы и детальные исследования в Юго-Восточной Балтике // Рациональное освоение недр. 2018. № 2, с. 48-58.
5. *Богданов Н.А., Айбулатов Н.А., Шараков В.П.* Степень устойчивости современной россыпи в верхней части береговой зоны моря // Литология и полезные ископаемые. 1985. № 4, с. 37-46.
6. *Быховский Л.З., Тигунов Л.П., Левченко Е.Н. и др*. Цирконий и гафний России: современное состояние, перспективы освоения и развития минерально-сырьевой базы // Минеральное сырье. Сер. геол.-эконом. 2007. № 23, 127 с.
7. *Махлаев Л.В., Голубева И.И.* О формировании прибрежно-морских титано-циркониевых россыпей и перспективах их открытия в России // Литосфера. 2010. № 6, с. 74-82.
8. *Смолдырев А.Е., Кузнецов В.К., Кравченко В.Е. и др*. Опытные работы по проходке шурфов гидромеханическим способом // Горный журнал. 1983. № 2, с. 37-39.

РАЗРАБОТКА НИКЕЛЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИИ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ - ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ

Р.Г. Джамалов, Ю.А. Медовар, И.О. Юшманов

Институт водных проблем РАН, Москва, ул. Губкина, 3
E-mail: medovar51@list.ru

В 2012 г. Уральская горно-металлургическая компания (УГМК) выиграла конкурс Роснедр по освоению Еланского и Елкинского медно-никелевых месторождений в Новохоперском районе Воронежской области. Эти месторождения относились к федеральному резерву. В 1977 г. было принято решение не разрабатывать их ввиду сложности залегания полезных ископаемых и агропромышленного профиля региона. Предполагалось, что разработка будет вестись шахтным способом и первичная обработка руды до обогащенного концентрата планировалась на месте добычи.

Площадь Еланского месторождения составляет 28,9 км^2. Прогнозные ресурсы меди оцениваются в 5,6 тыс. т, никеля – в 54,1 тыс. т, кобальта – в 10,3 тыс. т. Площадь Елкинского месторождения составляет 8,6 км^2. Прогнозные запасы меди оцениваются в 54,6 тыс. т, никеля – в 393 тыс. т, кобальта – в 14,4 тыс.т. Разработчики заявляют, что добытая в Воронежской области руда будет отправляться на Кольский полуостров, но это никоим образом не исключает опаснейшую первичную обработку, проводимую вблизи места добычи.

В 2012 г. представители УГМК заявили, что будет строиться Горно-обогатительный комбинат (ГОК). Таким образом, обойдя условия конкурса, ММСК собирается осуществлять полный горно-металлургический цикл в густонаселённом районе на уникальных чернозёмных почвах.

Что самое опасное в добыче никелевых руд?

1. Разработка месторождения будет производиться шахтным способом, следовательно, появится огромное количество вскрышной и отработанной горной породы. Отвалы этой породы размесят в хвостохранилищах непосредственно на чернозёмах.

2. Для гашения пыли при первичной обработке руды необходим колоссальный объём воды, которая в процессе гашения закисляется и не может быть возвращена в водоёмы без дополнительной очистки. На следующем этапе обработки руды – при флотации с использованием реагентов – удаляется кремний и алюмосиликаты (шпаты), при расходах порядка 50 м3 воды на одну тонну рудного концентрата (а ведь проектная мощность предприятия - около миллиона тонн очищенной руды в год). Для замкнутого водооборота необходимы дорогостоящие очистные сооружения, и нет гарантий, что они введены в эксплуатацию.

3. Следующий этап – первичный обжиг. Образующиеся при этом дымы

содержат серную кислоту. В Норильске такие дымы направляются либо в безлюдные места, либо рассеиваются по тундре, в результате чего она на сотни километров выжжена кислотными осадками по розе ветров.

Воронежская область находится в центральной части России (500 км от Москвы). Ветры в степях разнесут загрязненные выбросы на тысячи километров! Использовать грунтовые воды будет вообще невозможно. При бурении будут пройдены несколько водоносных горизонтов. Нарушение водоносных горизонтов «обезводит» большую территорию. Перераспределение водных ресурсов района нарушит экосистему, состоящую из влажных лесов, рек, озер и болот, что приведет к экологической катастрофе!

Споры вокруг проекта касаются сразу нескольких сфер: экологии, экономики и даже политики.

Вода. Подземные воды, находящиеся в зоне замедленного водообмена в виде концентрированных рассолов, могут за счет перераспределения пластовых давлений выйти на поверхность и привести к катастрофическому засолению чернозема.

Возможны проблемы с водообеспечением местного населения в зоне влияния шахты. В связи с этим уменьшится сток не только в р. Хопер, но и в р. Дон.

В пределах площади распространения депрессионной воронки (а эта площадь составит приблизительно 5000 км^2), следует ожидать возникновения негативных явлений для всей экосистемы. Снижение уровня подземных вод приведет к увеличению мощности зоны аэрации, что вызовет интенсивное окисление органических веществ почв и тем самым снизит их плодородность. Как следствие, понижение уровня подземных вод приведет к нарушению связи между поверхностными и подземными водами, а существенные затраты природных вод для разработки месторождении могут привести к полному уничтожению местных водоемов, снижению водности рек.

Суммарный водоприток из водоносных горизонтов в шахту может составить 3000 м^3/сут [1]. Над рудными телами залегают концентрированные рассолы. Выход этих рассолов (с минерализацией 70 г/л) с высоким содержанием брома и йода на поверхность приведет к полной утрате черноземов.

Предел возможного использования водных ресурсов реки для обогащения руды – сток воды за год, который определяется среднемноголетним минимальным расходом воды. Для р.Хопер этот предел составляет 1,4 км^3/ год. Если принять, что для обогащения годового объема руды (3-4 млн т) потребуется порядка 300 млн м^3 воды, то тогда на флотацию уйдет 20% от этого стока. В маловодные 2008-2010 гг. объем годового стока р. Хопер достигал значений 0,7 км^3/ год, и в этом случае забор воды на обогащение уже составлял бы 40% от этого объема [2].

При проходке шахтного ствола следует откачивать подземную воду, чтобы она не достигла рудного тела и не затопила его. При откачке воды формируется депрессионная воронка с центром на забое ствола шахты. Расчеты радиуса воронки депрессии проводились на два периода. Первый –

при вскрытии месторождения, которое принималось за два года, и второй – при разработке собственно месторождения, условно принимаемого за 10 лет (реально разработка месторождения будет продолжаться 30 лет). Оценочные расчеты радиуса воронки составили для периода вскрытия – 11 км, а для периода разработки – 26 км [5].

По технологическому циклу работы ГОКа для извлечения полиметаллов требуются большие объемы воды, которые обычно берутся и сбрасываются в окрестные реки. В районе указанных месторождений это р. Савала – правый приток р. Хопер с площадью водосбора 7720 км^2 и средним расходом 20 м^3/с. Без должной очистки сточных вод бассейны рек Савала, Хопер и Дон будут загрязнены.

Проектируемые шахты с глубиной основных стволов до 2000 м могут обводняться за счет притока из пересекаемых водоносных горизонтов с пресной и минерализованной водой, при этом в шахту могут поступать 3 тыс. м^3/сут подземных вод различного состава.

Земля. За счет разработки и эксплуатации месторождений погибнут сотни гектаров плодородной почвы и миллионы тонн черноземов.

Давайте оценим, сколько стоит чернозем. Стоимость чернозема в его естественном состоянии вообще не поддается оценке, но мы попытаемся определить его рыночную стоимость как субстанции. Цена чернозема в Москве в розницу составляет 4000 руб./м^3, оптом - порядка 1000 руб./м^3. По данным А.С. Керженцева, в общей сложности разработка месторождения потребует отчуждения 700 га черноземных почв с запасом ценнейшего гумуса 385 000 т, поскольку в метровом слое чернозема содержится 550 т/га гумуса, и за 385 000 тонн обойдутся примерно в 4 млрд руб. [3]. Однако ценность гумуса чернозема гораздо выше. В технико-экономическом обосновании разработки месторождений не учтен размер упущенной выгоды от отчуждения ценных почв не по прямому назначению, а он должен рассчитываться на 100 лет вперед, хотя почва изымается навечно.

Снятие плодородного слоя почвы на местах добычи и обработки никелевого сырья, пожалуй, наименьший из ущербов, который может быть нанесен черноземам региона. Основную опасность будут представлять отвалы переработанной породы, с высоким содержанием солей серной кислоты и таких элементов, как мышьяк. Утечки фильтрата из хвостохранилищ грозят катастрофой прилегающих экосистем. А в сухом виде эти «хвосты» способны к самовозгораниям и к выделению в атмосферу сероводорода и сернистого газа. Месторождения расположены на расстоянии примерно 20 км от г.Новохоперска (около 7 тыс. жителей) и в 40 км от Новохопёрского заповедника с уникальной флорой и фауной, что потребует особых мер охраны не только заповедника, но и здоровья людей, проживающих в этом районе.

Воздух. В результате вывода на поверхность большого количества породы и ее складирования в отвалах комбината частицы солей редкоземельных металлов будут разноситься по всей территории области и далеко за ее пределами, что превысит нормы предельно допустимых концентраций в воздухе в десятки и сотни раз. Кроме того, сульфидные никелевые

соединения, которые являются основным сырьем, спровоцируют масштабные выбросы серы в атмосферу, что приведет к кислотным дождям. В результате первичного обогащения 60% пустой породы, содержащей тяжелые металлы и другие вредные вещества, будут возвращены в отработанную шахту, а 40% – останутся в хвостохранилищах. Очень высока вероятность загрязнения воздуха и окрестных водоемов из-за пыления хвостохранилищ и инфильтрации солей тяжелых металлов в почву и через зону аэрации в грунтовые воды.

Опасный источник загрязнения природных поверхностных и подземных вод представляют собой сульфиды в рудосодержащих породах, которые совместно с другими твердыми отходами обычно складируются в хвостохранилищах. Участки под такие хвостохранилища требуют специальной подготовки (изоляция снизу и сверху, дренаж, постоянный мониторинг и т. д.). Не менее острую проблему представляют также мышьяк и сурьма в медно-никелевых рудах. В воронежских месторождениях отмечается высокое содержание мышьяка.

Экономика. Годовой оборот сельхозпродукции в Воронежской области превышает 300 млн долларов в год. По предварительным расчетам, производство медно-никелевого концентрата предполагает обороты на порядок ниже. Разработка месторождений невыгодна для России стратегически, так как ценность элитных черноземов и чистой питьевой воды будет постоянно возрастать. На никель же цены, наоборот, падают; за последние несколько лет они снизились в 8 раз. У России сегодня нет особой потребности в дополнительной добыче никеля. За годы реформ потребление никеля отечественными предприятиям (металлургия, электроника, катализаторы) упало в 7-10 раз. Сегодня российская промышленность использует менее 5% от текущей добычи. 95% добываемого в стране никеля идет на экспорт.

Создание эффективного сельского хозяйства, считают экологи, задача более важная, более насущная, чем опустошение недр. В первом случае мы закладываем прочный фундамент для нашего будущего, во втором же случае мы просто следуем сиюминутной выгоде, игнорируя негативные последствия.

На сегодняшний день соблюдение всех экологических требований производителю экономически невыгодно, и нет никаких гарантий, что производитель эти требования будет обязательно соблюдать.

Что касается экономической выгоды для страны, то необходимо сопоставить прибыль от продажи никеля с возможными выгодами от эксплуатации черноземов, которые в случае разработки месторождения будут изъяты из сельхозоборота минимум на 100 лет. Хоперский заповедник может стать объектом экотуризма, что может составить конкуренцию разработки никеля на Прихоперье [4].

Политика. В Законе «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ статья №3 «Основные принципы охраны окружающей среды» предусматривает «Запрещение хозяйственной и иной деятельности, последствия воздействия которой непредсказуемы для окружающей среды, а

также реализации проектов, которые могут привести к деградации естественных экосистем, изменению и (или) уничтожению генетического фонда растений, животных и других организмов, истощению природных ресурсов и иным негативным изменениям окружающей среды».

Разработка цветных металлов при высокой плотности населения, даже при соблюдении всех экологических требований, все равно приведет к серьезным проблемам. Поэтому европейские страны предпочитают закупать цветные металлы в третьих странах, чем угрожать безопасности собственного населения.

Добыча сульфидных медно-никелевых руд и их переработка на территории Воронежской области недопустима по следующим причинам:

В Воронежской области уже сейчас наблюдается дефицит питьевой воды, удовлетворяющей требованиям СанПиНа 2.1.4.1074 - 01. «Вода питьевая».

В процессе обогащения руды флотационным методом требуется около пятидесяти кубометров воды на одну тонну рудного концентрата.

Как пример влияния ГОКа окружающую среду можно привести Курскую магнитную аномалию, где радиус воронки депрессии достиг 80 км за 80 лет эксплуатации месторождения. Разработка цветных металлов требует гораздо больших объемов воды, чем железных руд. Выполненный прогноз развития воронки депрессии подземных вод в Прихоперье показал, что ее радиус сопоставим с КМА, хотя время разработки месторождения меньше в 2,5 раза.

Основная форма никеля в рудах – сульфидная, и при переработке высвобождается сера, которая легко соединяется с водой, как в подземных условиях, так и на поверхности, образуя кислотные соединения, которые приведут к кислотным дождям.

После проведения буровых работ в 2014 гг. в грунтовых водах села Елань-Колено обнаружено гамма-излучение в 150 мкр/час. Отобранная из колодца вода на масс-спектральный анализ, кроме отдельных показателей, превышающих ПДК, выявила содержание урана и таллия превышающие ПДК.

Ещё одной неизученной проблемой на территории месторождения является **сейсмичность.** Геофизическими исследованиями в последние годы поставлены под сомнение утверждения о сейсмической стабильности Восточно-Европейской платформы, включая и территорию разработок.

Отмечалась активизация Новохопёрского и Новохопёрско-Острогожского тектонических разломов: к последнему приурочены два массива горных пород, имеющих повышенную радиоактивность – Лискинский, а в районе разработок – Артюшковский.

Необходимо отметить и то, что данная территория находится в зоне влияния Шумилинско-Новохопёрского разлома и сейсмически нестабильна, что требует дополнительного микросейсмического районирования.

Выводы. Проект разработки медно-никелевых месторождений Воронежской области крайне сложный и затратный. Возникают подозрения, что проекта в нормативном понимании этого термина на сегодняшний день и не существует, есть только предложение о разработке месторождений. В широком доступе нет сведений о предполагаемых видах утилизации отходов,

данных о составе промышленных стоков в хвостохранилищах, объемах сточных вод при флотации сырья и многого другого.

Литература

1. *Джамалов Р.Г., Медовар Ю.А., Юшманов И.О.* Негативное влияние разработок медно-никелевых месторождений на водные ресурсы Прихоперья. //Анализ, прогноз и управление природными рисками в современном мире (ГЕОРИСК- 2015). Материалы 9-й Международной научно-практической конференции. 2015. с. 176-182.

2. *Джамалов Р.Г., Медовар Ю.А.* Влияние разработки рудных месторождений на водные ресурсы Верхнего Дона. Научная конференция «Проблемы разработки полезных ископаемых и стратегия устойчивого развития регионов России (на примере Воронежской области)» г. Воронеж, 24 марта 2014 г.

3. *Керженцев А.С.* Экологический ущерб разработки месторождений в бассейне Хопра. Научная конференция «Проблемы разработки полезных ископаемых и стратегия устойчивого развития регионов России (на примере Воронежской области)» г. Воронеж, 24 марта 2014 г.

4. *Медовар Ю.А*. А нужен ли чернозему никель?! Поверхностные и подземные воды и их будущее при разработке месторождения никеля на Черноземье//Берегиня № 1, 2015. с. 245-250.

5. *Питьева К.Е.* Гидрогеология района: ожидаемые последствия планируемых разработок Еланского и Елкинского медно-никелевых месторождений в Воронежской области. В сб. Комплексная экспертная оценка целесообразности и возможных последствий планируемых разработок медно-никелевых месторождений в Воронежской области. М. 2012. - С. 52-71.

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВТОРНОИ ЛИКВИДАЦИИ НАКЛОННОГО ВЕНТИЛЯЦИОННОГО СТВОЛА №2 ШАХТЫ «АЮТИНСКАЯ» ОАО «РОСТОВУГОЛЬ»

П.Н. Должиков[1], С.О. Легостаев[2]

[1] ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (ДГТУ),
344000, Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1. E-mail: dolpn@yandex.ua
[2] ГБПОУ РО «Шахтинский техникум дизайна и сервиса «Дон-Текс»,
346500, Ростовская область, г. Шахты, ул. Садовая, 21. E-mail: stas_legostaev@mail.ru

Шахта «Аютинская» ОАО «Ростовуголь» расположена на территории поселка Аютинский в промышленно освоенном районе г. Шахты Ростовской области, обеспеченном всеми необходимыми инженерными коммуникациями. Поле шахты расположено на северном крыле Шахтинско-Несветаевской синклинали.

Рельеф участка – равнинный, с врезанными долинами ручьев и балок с колебаниями абсолютных отметок земной поверхности от +75,0 м до +175,0 м. Эксплуатационным назначением наклонного вентиляционного ствола №2 являлась выдача на земную поверхность отработанной струи воздуха и транспортирование негабаритных грузов. Необходимость повторной ликвидации наклонного вентиляционного ствола №2 была вызвана условиями проветривания на перспективу развития шахты «Аютинская» (в 2003 г. работа шахты была прекращена в связи с аварийным затоплением горных выработок) и исключением доступа в горные выработки шахты.

Наклонный вентиляционный ствол №2 имел сечение в свету 4,9 м^2 (на ликвидационном интервале), полную длину - 1474 м, угол наклона – переменный – от 24° до 17°. Крепление горной выработки – смешанное (рис. 1), в интервалах пикетов 7+10 м ÷ 8+10 м, 10 ÷ 19; 23 ÷ 31;33 ÷ 48;53 ÷ 56;65 ÷ 66; 67 ÷ 74 – крепь арочная типа АП – 7,9; в интервалах пикетов 20 ÷ 22 – крепь типа КПС; в интервалах пикетов 49 ÷ 53 – крепь типа ИГДАН; в интервалах пикетов 56 ÷ 65;66 ÷ 67; - крепь анкерная. Крепь устья – бутобетонная.

Горная выработка пройдена по угольному пласту i21в «Степановский Верхний». Выход на земную поверхность осуществлен по породам каменноугольного и четвертичного возрастов. В наносах (на участке ликвидационного интервала) ствол пройден под углом 24°.

Четвертичные отложения имеют мощность около 37,0 м, представлены суглинками и глинами различных свойств, а на контакте с коренными породами имеет место пропласток обводненного песка.

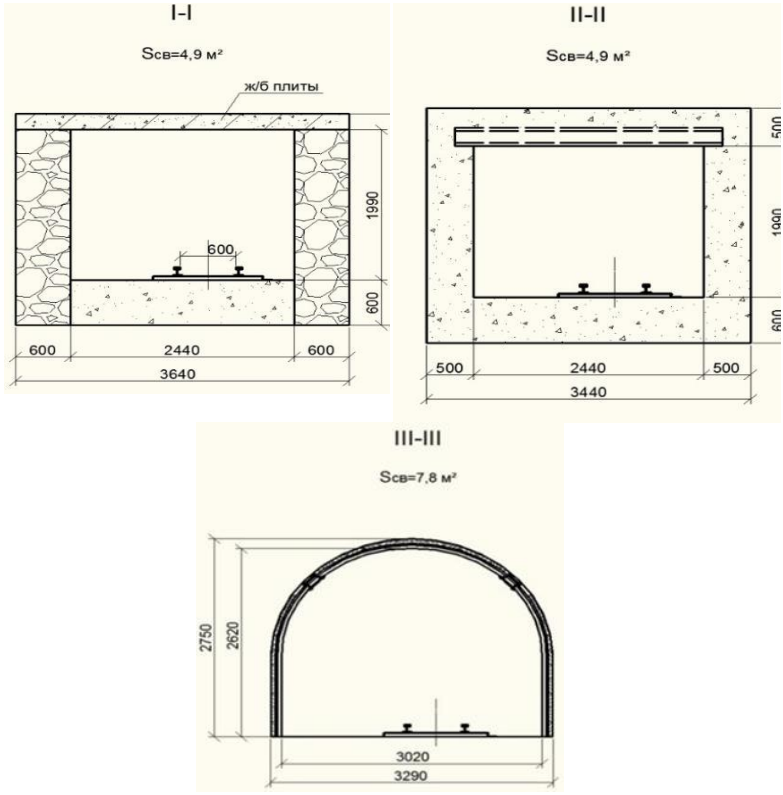


Рис. 1. Применяемые типы крепления на ликвидационном интервале повторно ликвидируемого наклонного ствола № 2 шахты «Аютинская» ОАО «Ростовуголь».

При выводе из эксплуатации наклонного вентиляционного ствола №2 подпорная крепь горной выработки находилась в аварийном состоянии, что обусловило невозможность обследования ствола из-за нарушения крепления и наличия непроходимых завалов.

На момент начала производства работ по повторной ликвидации наклонный вентиляционный ствол №2 был законсервирован - исключен из вентиляционной сети шахты и изолирован от действующих горных выработок посредством установки нижней изолирующей бетонитовой перемычки на глубине 40,0 м. В устье ствола в 10 м от земной поверхности установлена верхняя бетонитовая изолирующая перемычка. Ствол от перемычки до земной поверхности засыпан горелой породой в соответствии с нормативными требованиями [1] (рис. 2). Изолирующие перемычки выполнены силами работников шахты «Аютинская».

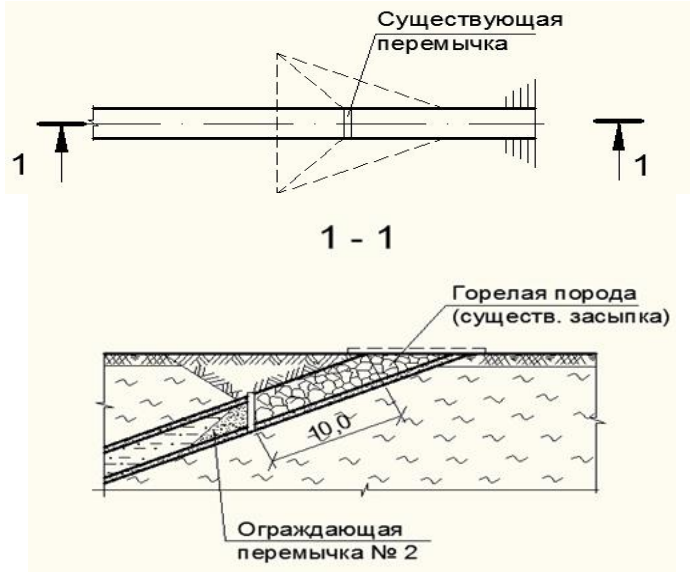


Рис. 2. Существующая изолирующая перемычка наклонного вентиляционного ствола № 2.

Сравнение стратиграфической толщи четвертичных отложений на участках заложения ликвидированных стволов шахты «Юбилейная» ОАО «Ростовуголь» (главный и вспомогательный стволы бывшей шахты №2 «Западная», угол заложения 21°) и ликвидационного интервала наклонного вентиляционного ствола №2 шахты «Аютинская» (угол заложения 24°) предопределило методику расчета параметров и технологию повторной ликвидации горной выработки и конструкцию буровых разведочно-эксплуатационных скважин для его закладки [2, 4].

Для приготовления тампонажных и закладочных смесей использовались золошлаковые отходы Шахтинской ТЭС и отсева горелой породы с породного отвала №16 бывшей шахты имени В.В. Воровского ПО «Шахтантрацит» (гранулометрический состав 0-15 мм). Рецептурный состав тампонажных и закладочных смесей приведен в табл. 1. Проектные параметры повторной ликвидации наклонного вентиляционного ствола № 2 шх. «Аютинская» приведены в табл.2 [4,5].

Работы по повторной ликвидации наклонного ствола №2 шахты «Аютинская» проводились сотрудниками ООО «ЮжПромГеология» (г. Шахты Ростовской области) при инженерном сопровождении Северо-Кавказского представительства ОАО ВНИМИ (г. Шахты Ростовской области) с участием представителя Ростехнадзора по Южному Федеральному округу и сотрудников ВГСЧ для осуществления контроля за надлежащим исполнением горно-ликвидационных работ.

Таблица 1

Рецептуры тампонажных и закладочных смесей

№ п/п	Наименование смеси	Рецептура состава на 1м^3 смеси, кг				
		Отсев горелой породы	Цемент	Зола	Вода	Песок
1	Бетонная смесь	1425	60	-	300	-
2	Золоцементная смесь	-	40	1500	500	-
3	Золоводная смесь	-	-	1500	600	-
4	Тампонажная золоцементная смесь	-	60	1500	300	-
5	Тампонаж обсадных труб	1500	300	-	180	900

Таблица 2

Проектные параметры повторной ликвидации наклонного ствола

Наименование параметра	Единица измерения	Величина
I этап – формирование ограждающих перемычек и тампонажной золоцементной перемычки (упорного слоя)		
1. Мощность несущего слоя перемычки	м	1,2
2. Объем нижней ограждающей перемычки	м^3	73
3. Объем упорного слоя	м^3	118
4. Объем порции раствора	м^3	4,0
5. Давление на устье скважины	МПа	0,072
6. Объем верхней ограждающей перемычки	м^3	30
II этап – заполнение выработки		
7. Толщина слоя раствора	м	1,0
8. Радиус распространения раствора	м	27,6
9. Количество тампонажно - закладочных скважин	шт.	3
10. Объем нагнетания в одну скважину	м^3	103
11. Суммарный объем раствора	м^3	310
12. Минимальное давление на устье тампонажно - закладочной скважины	МПа	0,051

С целью реализации горно-ликвидационных работ на промышленной площадке наклонного вентиляционного ствола №2 проводилась расчистка мест стоянки буровых установок и прокладка подъездных путей к ним.

В основной период выполнялись следующие работы:

- бурение и обсадка буровых разведочно-эксплуатационных скважин
- формирование нижней ограждающей бетонной перемычки (№1) через скважину №1;
- формирование упорной золоцементной перемычки через скважину №2;
- тампонаж наклонного вентиляционного ствола №2 золоводным раствором через скважины №3, №4, №5;
- вскрытие устья ствола;
- формирование верхней ограждающей бетонной перемычки (№2);
- тампонаж остаточных пустот золоцементной смесью через скважины №3, №4, №5;
- обустройство устья ствола.

Бурение разведочно-эксплуатационных скважин производилось самоходными установками роторного бурения типа УРБ-2,5 и УРБ-3А3.

Точки бурения скважин выносились инструментально с погрешностью ± 20 см от оси горной выработки с учетом данных маркшейдерских съемок наклонного вентиляционного ствола №2 шахты «Аютинская». Вскрытие горных выработок забоями скважин отмечалось по изменению механической скорости бурения (перебуривание потолочной железобетонной крепи существенно замедляло процесс бурения) и по фиксации провала бурового инструмента, приблизительно равного по величине высоте горной выработки. Схема обуривания ствола представлена на рис. 3а.

Объем буровых работ, расход обсадных труб, расстояние скважин от устья ствола и их назначение приведены в табл. 3.

Таблица 3

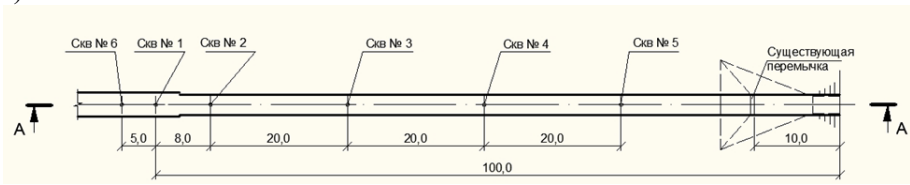
Параметры скважин для подачи тампонажно-закладочных смесей в вентиляционный ствол №2

Наклонный вентиляционный ствол №2 шх. «Аютинская» ОАО «Ростовуголь»					
№ скважины	Расстояние от устья ствола в плане, м	Интервал, м (от - до)	Диаметр бурения, мм	Диаметр обсадных труб, мм	Назначение скважины
1	100	0 – 7,0 7,0 – 36,0	244 190	219 159	Технологическая[1]
2	92	0 – 7,0 7,0 – 36,0	190 132	159 108	Технологическая[1]
3	72	0 – 7,0 7,0 – 29,0	190 132	159 108	Технологическая[1]
4	52	0 – 7,0 7,0 – 21,0	190 132	159 108	Технологическая[1]
5	32	0 – 7,0 7,0 – 12,0	190 132	159 108	Технологическая[1]
6	105	0,0 – 41,0	132	108	Дегазационная

Примечание: 1 – формирование ограждающих бетонных перемычек № 1; 2 – формирование тампонажных золоцементных перемычек, 3 – тампонаж золоводной смесью.

Назначение скважины № 1 – формирование нижней ограждающей перемычки №1 из относительно жесткой бетонной смеси. Скважина при бурении оформлялась обсадными трубами при проходке по четвертичным отложениям с цементацией затрубного пространства. Участки скважин № 1 и № 2 в коренных породах не обсаживались. Внутри основной колонны обсадных труб помещалась подвижная колонна для подачи бетонной смеси и формирования перемычки. Место заложения скважины на поверхности располагалось в 100 м от устья ствола.

а)



б)

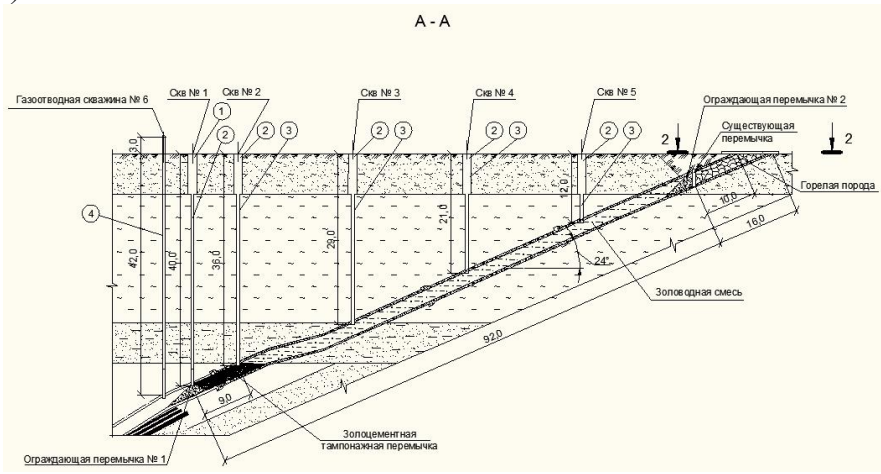


Рис. 3. Технологическая схема повторной ликвидации наклонного вентиляционного ствола №2 шахты «Аютинская»:
а – схема бурения скважин; *б* – геолого-технический разрез по стволу.

Скважина № 2 служила для послойного возведения упорной золоцементной перемычки, препятствующей выносу золоводного раствора из расположенного выше интервала тампонажа наклонного ствола. Эта скважина так же оформлялась обсадными трубами с цементацией затрубного пространства, так как проходила сквозь слои суглинка, глины и обводненного песка.

Скважины №№ 3, 4, 5 предназначены для тампонажа ствола золоводным раствором и последующего нагнетания в них золоцементной смеси для ликвидации пустот после усадки тампонажного материала. Эти скважины пересекали в основном суглинки и глину, поэтому крепились на полную глубину. Цементация затрубного пространства не требовалась.

Скважина № 6 предназначена для вывода из выработки на поверхность газоотводной трубы, которая устанавливалась ниже места расположения нижней ограждающей перемычки (№ 1).

Процесс тампонажа ствола начинался с бурения скважины на месте устройства нижней ограждающей перемычки (№ 1), т.е. на отметке 4,0 ÷ 6,0м вглубь коренных пород. Сводные показатели горно-ликвидационных работ приведены в табл. 4.

Таблица 4

Сводные показатели горно-ликвидационных работ по наклонному вентиляционному стволу №2 шахты «Аютинская»

№ п/п	Наименование работ	Единица измерения	Количество
1	Количество буровых скважин	шт.	6
2	Общая длина скважин	п.м.	180
3	Тампонаж пустотного канала ствола, в том числе:	$м^3$	691
	- устройство ограждающих бетонных перемычек	$м^3$	103
	- золоцементная упорная перемычка	$м^3$	45
	- золоводная смесь	$м^3$	310
	- тампонаж остаточных пустот	$м^3$	63
	Отрывка котлована	$м^3$	310
4	Устройство полка перекрытия устья ствола	$м^3$	10,9
5	Ликвидация скважин	$м^3$	1,8

Отличительной особенностью примененной технологии повторной ликвидации старых вскрывающих наклонных горных выработок является то, что достигается абсолютная ликвидация всех подземных пустот за счет свойств тампонажных и закладочных материалов. Данные материалы являются доступными, дешевыми и экологически чистыми. Использование в рецептурах тампонажных и закладочных материалов твердых отходов горного производства позволяет частично решить проблему их утилизации, что имеет важное значение при решении ряда экологических и социальных вопросов, дающих эффект на протяжении неопределенно длительного периода времени после закрытия шахты.

Удельная стоимость горно-ликвидационных работ при закладке и тампонаже старых вскрывающих наклонных горных выработок в 2,5 - 3 раза ниже по сравнению с удельной стоимостью горно-ликвидационных работ при их ликвидации путем засыпки горелой породой [3]. Учитывая неудовлетворительное современное горнотехническое состояние старых вскрывающих наклонных горных выработок, применение описанной технологии (закладка и тампонаж) при их ликвидации, доликвидации и повторной ликвидации становится единственно технически реализуемым

Анализ результатов ведения работ по повторной ликвидации методом тампонажа наклонного вентиляционного ствола № 2 шахты «Аютинская» ОАО «Ростовуголь» показал следующее: разработанная новая методика проектирования технологических параметров и технологическая схема поэтапной ликвидации старых наклонных горных выработок аварийного состояния в полной мере соответствует нормативным требованиям и может быть успешно применена на стволах закрытых и закрываемых угольных шахт.

Литература

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по изоляции неиспользуемых горных выработок и выработанных пространств в угольных шахтах». Сер. 05. Вып. 43. М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2015. 54 с.
2. *Белодедов А.А.*, *Должиков П.Н.*, *Легостаев С.О.* О повторной ликвидации наклонных выработок закрытых шахт ресурсосберегающими смесями. // Изв. ТулГУ. Науки о Земле. 2017.- №3.- С.16-25.
3. Инструкция о порядке ведения работ по ликвидации и консервации опасных производственных объектов, связанных с пользованием недрами (РД 07-291-99). Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль: Сборник документов. Серия 07. Выпуск 1 / Колл. авт. – 2-е изд., испр. - М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2009. - 132 с.
4. *Кипко Э.Я.*, *Должиков П.Н.*, *Рябичев В.Д.* Комплексная технология ликвидации наклонных горных выработок. Монография. – Донецк: Норд-Пресс, 2005.– 220 с.
5 Research into Dangerous surface deformations over inclined Shafts of Abandoned Coal-mines / Belodedov A.A., Dolzhikov P.N., Legostaev S.O. // Scientific Reports on Resource Issues. – Freiberg, Germany: TU Bergakademie, 2016. - Vol. 1. – P.159-165.

ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ В СЫРЬЕВОИ И ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПОЛИТИКЕ РЕСПУБЛИКИ ПОЛЬШИ

И.Н. Заиканова

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва, Уланский пер., д.13, стр.1. E-mail: izaikanova@yandex.ru

Польша до относительно недавнего времени была развитой сырьевой державой с достаточно глубоко и научно обоснованной сбалансированной сырьевой политикой и экономикой. Вступление в Европейскую унию привнесло ряд существенных факторов, в основном, политического характера, повлиявших на всю экономику страны. По мнению д-ра К. Шамалека, сырьевая политика Польши в общепринятом смысле включает факторы, связанные с поисками и документированием минеральных запасов месторождений. Однако, необходимо учитывать и проблемы баланса сырьевой экономики, мировой сырьевой рынок, определение направлений импорта сырья для отечественной экономики, не считая переработки отходов, получения вторичного сырья, и его рециклинга [8]. Сырьевая политика государства является элементом его сырьевой безопасности, означающей безопасность в доступе к источникам минерального сырья и их использования в горнодобывающей и перерабатывающей промышленности [2].

Потребность в минеральном сырье и развитии промышленности основательно проявились только после обретения Польшей независимости в 1918 г. Поскольку до этого времени промышленная региональная дифференциация была фактором раздела Польши, появилась необходимость ее унификации, интеграции, а также в плановом развитии вместе с восстановлением страны, разрушенной I Мировой войной. Все это стало детерминантом роста потребности в минеральных ресурсах. Развитие горнодобывающей промышленности в Польше складывалось в несколько этапов.

Межвоенный период (1918-1939) Й. Прондзиньский [7] определил как "зависимость между возможностью обороны государства и сырьевой политикой. Удержание запасов сырья на такой высоте, которая является обязательным условием военной готовности промышленности". Императив обладания Польшей запасами сырья, необходимыми на случай войны, был принят однозначно. В результате в конце 1937 г. были сформулированы "Основы сырьевой политики и хозяйства", а в 1938 г. разработана окончательная версия этой политики и началась ее реализация, которая из-за начала Второй мировой войны в Польше не смогла быть осуществлена. Можно говорить только о трех районах, где эти работы начались: Киелецко-Родомский; Любельский и Сандомиерский. В этих условиях особое внимание

уделялось необходимости близкой связи геологической науки и практики, а также высокой квалификации сотрудников Польского геологического института. В 1938 г. была создана государственная геологическая служба, которую представлял Государственный геологический совет, состоящий из представителей ведомств, войска и Института геологии.

Годы Народной республики Польши (1944-1989). В первые послевоенные годы (1945–1947) основным заданием служб государства (в том числе геологических) было обеспечение поставки основных видов сырья для восстановления страны [3]. Поставка сырья промышленности в это время требовала, прежде всего, введения в строй уничтоженных войной шахт, и перерабатывающих предприятий. Особые трудности были связаны с приведением в действие горнодобывающих предприятий на территориях, перешедших к Польше после войны от Германии. Тогда была поставлена цель создания многолетнего плана прироста запасов всех видов минерального сырья, создания законодательной базы геологического контроля. В это время начала формироваться служба баланса запасов. Эффектом всех этих мероприятий стало открытие и документирование ряда месторождений (в том числе серы, цинка и олова). Особое внимание уделялось вопросам добычи каменного угля.

Углублявшийся в ПНР хозяйственный и политический кризис в 1980-х годах не способствовал принятию новых решений в сырьевой политике. В 1989 г. в Польше действовали два правовых акта: горное право (1953) и геологическое право (1960). Тогда в польской правовой системе уже появились статьи о концессиях, праве собственности на месторождения, была модифицирована система оплаты их эксплуатации.

Современная Польша до вступления в ЕС (1989–2005). В 1992 г. была разработана политика государства в сфере поиска месторождений и добычи полезных ископаемых, с особым вниманием к поискам в Тихом океане и на Балтике.

Польша после вступления в ЕС (2004–2018). Разработанные в 2005 году законы были направлены на реализацию основ устойчивого развития через охрану запасов месторождений, создание сообразной политики использования месторождений. Созданные к 2015 г. документы вызвали широкую дискуссию среди специалистов и вступили в противоречие с решениями Европейской Унии в области сырьевой политики. Краковскими геологами была разработана "Сырьевая политика Польши", представленная в статье "О том, чего нет, но что очень нужно" [4]. Ее авторы были очень критичны в отношении ситуации с минеральным сырьем в Польше, указывали на организационный "балаган", хаос дефиниций, сумбур компетенций. Важно, что авторы среди ряда важных и рациональных высказываний выражают и такие: " Сырьевая политика может быть выгодной ... если имеются адекватные инструменты, в том числе соответствующие формулы макро- и микроэкономических расчетов, которые должны учитывать и расходы на ликвидацию месторождения".

Ключевую основу функционирования горнодобывающей промышленности Польши представляет принятый 9 июня 2011 г. Закон о

геологии и горном деле. Обстоятельства, сопутствующие его принятию, не обеспечили заложенных в нем прозрачных и однозначных нормативных решений. По мнению польских ученых, их анализ выявил множество недостатков и недомолвок, в том числе таких, которые могли бы привести к параличу всей данной отрасли хозяйства. Законодатель не выразил интереса к их устранению, наоборот, упоенный иллюзорной возможностью получения быстрых прибылей от эксплуатации сланцевого газа, предпринял действия, направленные на поиски, распознавание и добычу этого вида углеводородного сырья под надзором государства. Рациональное применение данных решений оказалось очень трудным (иногда невозможным), становясь одним из факторов серьезно препятствующим предпринимательской деятельности в этой отрасли. Принятое законодательство умножает бюрократию, уменьшает ответственность за принятые ключевые решения. К этому необходимо прибавить имеющиеся, по мнению польских ученых, недостатки отдельных нормативных актов, особенно касающиеся пространственного планирования, а также системы оценки воздействия на окружающую среду [6].

Одним из важнейших видов минерального сырья в Польше считается каменный и бурый уголь. В настоящее время ЕС активно выступает за закрытие угольных шахт на ее территории. В 2016 г. Европейский союз выделил 1,8 млрд. евро на ликвидацию польских угольных шахт. По данным Буртана с соавторами [1] уменьшение количества шахт вызвало значительное сокращение добычи угля и занятых в ней людей.

Таблица

Добыча, занятость и количество шахт каменного угля в Польше

Годы	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016
Добыча, 10^6 тонн	102,5	102,1	99,5	94,4	83,6	77,4	79,2	72,5	70,4
Служащие, 10^3 чел.	155,0	135,6	127,3	119,0	113,3	111,9	106,1	98,1	87,8
Количество шахт	42	42	39	33	31	32	31	30	23

Требования сократить количество шахт в Польше носит скорее экономический, чем экологический характер. Несмотря на протесты горняков, правительство Польши из-за требований ЕС и боязни банкротства угольной промышленности продолжает политику сокращения производства каменного угля.

Влияние требований ЕС к горнодобывающей промышленности Польши, в частности угольной, широко пропагандируется через средства массовой информации. Так, в польской прессе появились статьи с таким названием: "Уголь нас убивает". Там, например, содержатся утверждения, порой направленные против правительства Польши: "Президент Анджей Дуда утверждает, что не допустит сокращения численности работающих в шахтах. По мнению специалистов - уголь убивает и дорого стоит, поскольку за уголь

приходится платить миллиарды и постоянно ссориться с Европейской Комиссией, чтобы она что-нибудь доплатила. Кроме того, производственный цикл добычи угля требует большого количества воды, что сказывается на водных запасах горнодобывающих регионов Польши. Например, вокруг большого месторождения Богданка в Люблинском воеводстве образовалась огромная депрессионная воронка. По мнению специалистов, в перспективе последующих десятилетий вода станет не менее стратегическим сырьем, чем энергетическое. При такой перспективе, настоящей угрозой является остепнение Любельщины. Сейчас на европейских биржах энергия ветра оценивается порой в два раза дешевле, чем энергия ТЭЦ, работающих на угле. Еще одним важным фактором, влияющим на цену каменного угля, является управление отходами от его добычи. Часто они не идут в дело, но часто лежат неприкрытые и загрязняют воды и воздух в районах добычи угля" [9]. Не все данные заявления подтверждаются научными фактами, хотя общая картина, особенно касающаяся экологии, не вызывает возражений.

В заключение необходимо подчеркнуть некоторые особенности развития и совершенствования горного дела не только в Польше. Так, широкий анализ конкурентности высоко развитых государств [5] позволил установить, что для ограничения расходов и увеличения производительности в горнодобывающей промышленности очень важное значение имеет высокий уровень инвестиций в науку и инновации, которые имеют место, например, в Австралии и Канаде. Доказано, что научные исследования и вложения в совершенствование технологии необходимы для обеспечения сырьевой безопасности и конкурентоспособности государства и только субъекты, способные осуществлять инновационные реформы могут сохранить сырьевой баланс и удержаться на мировом рынке.

Литература

1. *Burtan Z., Stasica J., Rak Z.* Wpływ katastrofogennych zagrożeń naturalnych na bezpieczeństwo pracy w górnictwie węgla kamiennego w latach 2000–2016. Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk. 2017, nr 101, s. 7–18
2. *Galos, K., Nieć, M., Radwanek-Bąk, B., Smakowski, T. i Szamałek, K.* 2012a. Bezpieczeństwo surowcowe Polski w Unii Europejskiej i na świecie. Biuletyn PIG 452, s. 43–52.
3. Dekret z dnia 3 lutego 1947 r. o państwowej służbie geologicznej. Dz.U. nr 17 poz.68.
4. Hausner, J.. Rzecz o tym, czego nie ma, a jest bardzo potrzebne. "Polityka Surowcowa Polski". 11 marca 2015 r. http://www.fundacja.e-gap.pl/
5. *Kot-Niewiadomska.* Analiza konkurencyjności wybranych krajów wysoko rozwiniętych w zakresie podaży surowców mineralnych według projektu INTRAW Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk Kraków; 2017, nr 100, s. 109–126
6. *Lipiński A.* Uchwalenie nowego prawa geologicznego i górniczego. Ochrona Środowiska. Prawo i Polityka. 2011, nr 2, ss. 13 i nast.
7. *Prądzyński, J.* 1936 – Polityka surowcowa. Polska Zbrojna nr 70, s. 5-12.
8. *Szamałek K.* Ewolucja polityki surowcowej w Polsce w latach 1935–2018 Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, 2018, nr 106, s. 181–198.
9. https://www.dziennikwschodni.pl/lublin/ekspert-wegiel-to-fatalna-perspektywa,n,1000232638.html

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ ОТРАБОТКЕ ТЕХНОГЕННЫХ РОССЫПЕЙ ЗОЛОТА В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ РЕГИОНЕ

М.И. Копылов

Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН,
680000, Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, 65. E-mail: itig@itig.as.khb.ru

Дальний Восток является одним из основных поставщиков россыпного золота в России. В настоящее время фонд россыпных месторождений золота на Дальнем Востоке значительно сократился. Избежать кризиса в связи с истощением запасов и ресурсов золота при условии, что развитие добывающей отрасли будет осуществляться на основе долговременных прогнозов состояния окружающей среды, ресурсной базы и своевременного сосредоточения сил и средств на их восстановление. Тем более грядущим поколениям невозможно обеспечить условия для использования не затронутых добычными отработками золоторудных россыпей, которые использует нынешнее поколение для удовлетворения своих потребностей, но создать научно-техническую базу, способную ликвидировать ожидаемый дефицит необходимо.

Такой альтернативой может послужить отработка техногенных россыпей. Как известно, золото имеет свойство восстанавливаться в отработанных россыпях в течение более 10 лет после окончания их освоения. Восстановление его потенциала в техногенных россыпях зависит от гранулометрического состава. Наиболее быстро восстанавливается мелкодисперсное золото. Как правило, при его отработке при слабой технологическом снаряжении старателей (особенно в 30-60 годы прошлого столетия) его извлечение составляло первые десятки процентов, основная его масса оставалась в россыпи с небольшими перемещениями (плавучее золото) в процессе его добычи. При использовании более современной технологии можно значительно повысить процент его извлечения и значительно расширить сырьевую базу техногенных россыпей золота. Применение комплексной добычи золота и попутных полезных ископаемых (платины, вольфрама, касситерита, ильменита, часто совместно залегающих в россыпях) может значительно повысить эффективность работ и расширить минерально-сырьевую базу техногенных россыпей золота.

Восстановление ресурсов золота в техногенных россыпях также зависит от активности физико-химической миграции золота, платины и других элементов. В среде аллювиальных отложений, как правило, насыщенных множеством органических кислот, углекислым газом и существующих электрохимических полей, активность гальванического процесса значительно повышается. При гальваническим, электрохимическим процессах происходит движение и укрупнение металлических частиц золота, платины и др.

В техногенных россыпях всегда присутствует органическое вещество (ОВ). Органические вещества поверхностных вод, или «водный гумус», представляют собой комплексное соединение углеродно-протеинового и лигнино-протеинового характера с высокой биохимической устойчивостью [5]. Гумусовые вещества накапливают элементы питания и энергию участвуют в миграции катионов и анионов, в комплексообразовании, окислении и восстановлении элементов. Среди специфических гуминовых веществ выделяют несколько групп:

-гуминовые кислоты и их соли (гуматы), растворимые только в щелочных растворах;

-гиматомелановые кислоты;

-фульвокислоты и их соли (фульваты), растворимые в воде, щелочных и кислых растворах;

-гумин - практически нерастворимое и неизвлекаемое из природных тел и компонентов ОВ.

В поверхностных водах ОВ находится в растворенном, взвешенном или коллоидном состоянии. Растворенное органическое вещество (РОВ) может поступать в водные экосистемы с окружающей водосборной территории, так и продуцироваться непосредственно в водоеме. В экосистеме под воздействием физических, химических, электрохимических и биологических факторов непрерывно осуществляется переход из одного состояния в другое. Состав и содержание микроэлементов в природных водах определяется совокупностью многих различных по своей природе и скорости процессов. Будучи генетически связаным с природными водами, органическое вещество является показателем происходящих в них процессов в терригенных россыпях золота. И, конечно, ресурсы восстановления золота в техногенных россыпях зависят от времени их отработки, чем больше время, тем в большем объеме происходит восстановление ресурсов. Восстановительный процесс в техногенных россыпях золота наиболее интенсивно протекает в первые 5-10 лет, затем интенсивность замедляется и стабилизируется.

Вовлечение в отработку техногенных россыпей золота повлечет появление проблем, связанных с загрязнением речных долин металлической ртутью, которая ранее повсеместно использовалась в технологии извлечения золота на ШОУ и ЗИФах. Как показывает анализ отработки россыпей, объем выноса ртути, используемой в технологических процессах, в долины рек в Приамурье, составил десятки тонн. Так, некоторые исследователи считают, что соотношение добытого золота и используемой при этом ртути изменяется от 1:1 до 26:1 [1]. В многочисленных речных и долинных россыпей золота, подвергнутых отработке в Дальневосточном регионе, ртутное заражение рек в том числе и крупных, представляет собой опасную технологическую угрозу, масштабы которой в настоящее время не оценены.

Наиболее интенсивно отработки золотых россыпей велись в пределах северных областей Хабаровского края, Охотского и Нижне-Амурского районов. Большинство рек этих районов имеют техногенно созданные долины, представленные сложным комплексом не покрытых растительностью отвалов высотой 3–5 м, искусственных водоемов, проток; и

наиболее наглядно показывают масштабы нарушения экосистем речных долин.

В Амурской области исключительно техногенные долины имеют реки Джалинда, Уркан, которые являются продуктом активной деятельности по отработке крупного золоторудного месторождения Кировского. Форма и протяженность техногенных аномалий зависит от масштабов источника загрязнения. Так, установлено, что источником загрязнения почв мышьяком являются раннемеловые гранитоиды Кировского массива, вкрапленные и массивные рудные тела с золотом и сульфидными рудами. Минералы и соединения мышьяка легко растворимы, но интенсивность его миграции невелика из-за активной сорбции глинистыми частицами. Глинистые отложения, как и верхние слои почв отличаются повышенными концентрациями мышьяка.

Нарушенные экосистемы речных долин при отработке россыпей золота в южных и северных регионах Дальневосточного региона, имеют различный восстановительный период. Ландшафтные типы региона различаются не только по климатическим, но и по биогеохимическим параметрам [5]. В северной части региона наиболее широким распространением пользуются мерзлотные ландшафты с низкой продуктивностью и замедленным биологическим круговоротом. Недостатки тепла и избыток влаги, повсеместное развитие многолетней мерзлоты и низкие температуры почв - все это предопределяет незначительный прирост фитомассы и замедленное разложение органического вещества в почвах. Миграция элементов осуществляется в кислой среде, формирующейся в связи с образованием агрессивных фульвокислот, и сопровождается обеднением почв большинством биогенных элементов, в первую очередь Ca,Mg, K, P и др.

Следует отметить, что в местах добычи россыпей техногенного золота формируются обособленные экосистемы, характеризующиеся рядом специфических особенностей, одной из которых является низкое содержание элементов питания в техногенно образованных почвах и грунтах. Так, при достаточно высокой концентрации общего фосфора, содержание его форм, доступных для растений, минимально [4]. С деятельностью микроорганизмов на начальных этапах восстановления экосистем связаны процессы почвообразования: биологическая трансформация минеральной части грунтов; мобилизация элементов питания; дифференциация профиля почвы на горизонты; формирование физико-химических свойств почв, её структурообразование и развитие функциональной активности.

Фосфор является одним из главных элементов питания, необходимых для роста и развития растений. Запасы фосфора, доступные живым существам, полностью сосредоточены в литосфере, газообразных соединений этого элемента в природе нет. Минеральный фосфор является редким элементом в биосфере, в земной коре его содержание не превышает 1%, что является основным фактором, лимитирующим продуктивность многих экосистем. Неорганический фосфор из земной коры вовлекается в циркуляцию выщелачиванием и растворением континентальными водами, попадает в экосистемы суши, частично поглощается растениями, которые синтезируют

различные органические соединения фосфора. Далее органические фосфаты возвращаются в почву, где подвергаются воздействию микроорганизмов и превращаются в минеральные ортофосфаты, готовые к усвоению растениями. Природными источниками органического фосфора в пределах Дальневосточного региона являются многочисленные рудопроявления апатиты и фосфориты.

Форма нахождения соединений фосфора в почве зависит от окислительно-восстановительных условий среды. Основной составляющей частью минеральных фосфатов в почвах, близких к нейтральной и щелочной реакции среды при pH 6,0–8,0, является ортофосфат кальция. В кислых почвах при pH 3,0-6.0 минеральный фосфор представлен ортофосфатами железа и алюминия [2, 4]. Кислотность среды также является одним из важных факторов, которые определяют метаболическую активность бактерий. Отвалы техногенных россыпей в разрезе представляют слабостратифицированный почвенный грунт с преобладанием промытой крупной гальки и гравия и 10–30% содержания мелкозема. В местах растительности с поверхности до 10–15 см образуется корнеобитаемый слой, который морфологически мало отличается от нижележащих горизонтов. По физико-химическим характеристикам мелкозём грунтов отличается минимальным содержанием гумуса до 0,34% и азота до 0,019% повышенным содержанием калия до 155–190 мг/кг. Содержание общего фосфора высокое (340-380 мг/кг), а подвижного, напротив, низкое (до 27-42 мг/кг). Столь низкое количество подвижного фосфора в сравнении с высоким его общим содержанием свидетельствует о преобладании в грунтах минеральных фосфатов и незначительной доли органического фосфора, что соответствует низкому потенциалу плодородию почв, величине кислотности почв и грунтов близкой к нейтральной среде с pH 6,6.

Активные, мобилизующие фосфор микроорганизмы, являются важной составляющей растительно-микробного сообщества, активно участвующего в образовании почв на техногенных россыпях золота. Так, по данным некоторых исследований, проводимых Приамурье [2, 4], учет микроорганизмов в почвах техногенных россыпей золота, участвующих в биотрансформации фосфатосодержащих соединений на элективных средах, показал, что некоторые бактерии из колоний могут освобождать фосфор из органических соединений. Это позволяет надеяться на разработку биотехнических препаратов и способов бактериальной обработки растений с целью улучшения произрастания растений, и проводить биорекультивацию техногенно-нарушенных экосистем речных долин после отработки техногенных россыпей золота.

Литература

1. *Грехнев Н.И., Крупская Л.Т.* Основные проблемы горнопромышленной экологии при освоении недр в Дальневосточном регионе // Регионы нового освоения. Экологические проблемы. Пути решения. Книга 1.Хабаровск. 2008. С. 51-55.

2. *Ивашов П.В.* Биохимия и минералогия луговых глеевых почв Приамурья» // Биогеохимические исследования природно техногенных экосистем. Выпуск 18,2009, Владивосток, Дальнаука. С-53-93.

3. *Иванова В.И., Молодченкова Т.А.* Состояние гидрохимической изученности поверхностных и подземных вод Юга Дальнего Востока // Гидрохимия и гидрология Юга Дальнего Востока. Владивосток. 1977. С-3-4.

4. *Павлова Л.М., Куимова Н.Г. Римкевич О.В.* Биотехнология в решении экологических проблем рекультивации горны пород // Регионы нового освоения. Экологические проблемы. Пути решения. Книга 1.Хабаровск.2008.С-180-183.

5. *Самойлова Г.С., Авессаломова И.А.* Ландшафтный подход к антропоэкологической оценке севера Дальнего Востока // Регионы нового освоения. Экологические проблемы. Пути решения. Книга 1.Хабаровск.2008.С-201-204.

СНИЖЕНИЕ ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ ПОРОД ПРИ ОСАЖДЕНИИ ВОДОНЕРАСТВОРИМЫХ СОЛЕЙ КАЛЬЦИЯ

О.С. Кудряшова, А.М. Елохов

Естественнонаучный институт Пермского государственного национального исследовательского университета. 614990, г. Пермь, ул. Генкеля, 4. E-mail: oskudr@psu.ru

Рудные месторождения чрезвычайно разнообразны по горно-геологическим условиям. Наряду с практически сухими рудами встречаются и значительно обводненные. Обводненность характеризуется совокупностью факторов, определяющих сложность ведения горных работ: величина притока воды; величина напора воды, находящейся над выработками; водоотача пород; устойчивость пород по отношению к размывающему и растворяющему действию воды [2]. Как показывает многолетний опыт, путями проникновения воды и рассолов в выработанное пространство могут являться: геологоразведочные скважины, тектонические или другие геологические нарушения соляных залежей, нарушения сплошности пород под влиянием горных работ. Для предотвращения угрозы затопления рудников используют механические и химические методы, и выбор зависит от условий эксплуатации рудника. При обнаружении проникновения в рудник рассолов применяют специальные меры для ликвидации их притока: цементацию или битумизацию окружающих выработку пород, установку на отдельных участках выработок водонепроницаемой крепи, тампонаж скважин, установку водонепроницаемых перемычек [8, 10]. К тампонажным составам относятся растворы на основе портландцемента, глиноземистого и магнезиального цементов, глин, глиноцементных смесей [9, 5]. Для этих целей также применяются синтетические смолы КМ-3, разбавленные насыщенным раствором хлористого калия [6], карбамидно-лигниновые составы, меламиноформальдегидные смолы [7], а также растворы или суспензии на основе хлорида натрия или калия [3, 4].

Существенным недостатком тампонирования пород водорастворимыми солями [9] является то, что при изменении состава или разбавлении раствора, контактирующего с солями, может произойти их растворение аналогично природным минералам. Минимизировать процесс вторичного растворения позволит осаждение солей кальция (сульфат, карбонат, силикат), которые практически не растворяются в воде и малорастворимы в растворах хлорида натрия. Так растворимость гипса в растворе 1 моль/л хлорида натрия составляет 7 г/л, карбоната кальция – 0,05 г/л.

Предложен состав раствора, содержащего хлориды кальция, калия и натрия, последующее введение в который специально подобранного осадителя приведет к кристаллизации нерастворимой соли кальция. В качестве исходного раствора использован эвтонический раствор

четырехкомпонентной системы KCl – NaCl – $CaCl_2$ – H_2O (табл. 1) [1]. Соотношение солей в растворе практически не зависит от температуры, изменяется только концентрация воды и хлорида кальция, что связано с увеличением растворимости этой соли при повышении температуры. Кроме этого эвтонический раствор обладает достаточно высокой плотностью, превышающей плотность насыщенного раствора хлорида натрия, и в отсутствии перемешивания будет получена расслаивающая смесь, в которой эвтонический раствор располагается внизу. При перемешивании этой смеси в осадок выпадает кристаллический хлорид натрия.

Таблица 1

Состав эвтонических растворов системы KCl – NaCl – $CaCl_2$ – H_2O

Температура, °С	Состав эвтонического раствора, мас.%				ρ_4^t, г/см^3	Вязкость, сПз
	NaCl	KCl	$CaCl_2$	H_2O		
25	0.62	3.22	44.82	52.20	1,469	4,20
50	0.50	4.19	55.28	40.03	1,805	-

Выбор этого раствора обусловлен тем, что он насыщен не только относительно хлорида кальция, но и относительно хлоридов натрия и калия, поэтому он не будет растворять сильвинит и галит, но карналлит будет растворяться в растворе хлоридов. Экспериментально доказано, что длительное нахождение (более 6 месяцев) сильвинита и галита в эвтоническом растворе не приводит к их заметному растворению, а карналлит растворяется в течение в течение нескольких суток.

При проведении лабораторных экспериментов в качестве осадителей использованы насыщенные растворы солей, позволяющие вносить в систему минимальное количество воды, и 40% раствор серной кислоты (табл. 2).

Таблица 2

Состав раствора осадителя

Компонент-осадитель	Концентрация, мас.%	ρ^{20}, г/см^3	η^{25}, сПз
Na_2SO_4	21,9	1,1886	1,41
Na_2CO_3	22,5	1,2482	1,95
H_2SO_4	40,0	1,3028	1,65

При введении раствора осадителя в эвтонический раствор протекают химические реакции, которые могут быть использованы для количественных расчетов процессов кристаллизации солей кальция:

$$CaCl_2 + Na_2SO_4 = CaSO_4\downarrow + 2NaCl$$
$$CaCl_2 + H_2SO_4 = CaSO_4\downarrow + 2HCl$$
$$CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3\downarrow + 2NaCl$$

Анализ полученных осадков показал, что сульфат кальция при комнатной температуре кристаллизуется в виде дигидрата.

Эффективность тампонирования пород сульфатом и карбонатом кальция оценивалась по скорости фильтрации воды, насыщенных растворов хлорида натрия или калия через породу до и после кристаллизации соли кальция. Исследованы три вида породы: речной песок, галит и сильвинит. Галит и сильвинит измельчались до размера частиц, не превышающего 0,5 см. Эксперименты проведены в колонке диаметром 6,5 см, в которую засыпалось 0,4 кг породы. Измерялся объем раствора, прошедшего через грунт в течение 5-20 минут в зависимости от скорости истечения. Полученные данные представлены в табл. 3.

Таблица 3

Скорость фильтрации растворов до и после кристаллизации соли кальция

Вид породы	Первоначальная скорость фильтрации, л/ч	Скорость фильтрации после кристаллизации соли кальция, л/ч			Скорость фильтрации, % от первоначальной		
		$CaSO_4$		$CaCO_3$	$CaSO_4$		$CaCO_{34}$
		Раствор Na_2SO_4	40% раствор H_2SO_4		Раствор Na_2SO_4	40% раствор H_2SO_4	
Песок	1,440	0,470	0,220	0,490	32,6	15,3	34,0
Галит	0,320	0,156	0,023	0,186	48,8	7,2	58,1
Сильвинит	0,450	0,360	0,024	0,082	80,0	5,3	18,3

Таблица 4

Оптимальные объемы эвтонического раствора и раствора осадителя

Вид породы	Оптимальный объем эвтонического раствора, л на 1 кг грунта	Объем H_2SO_4, л на 1 кг грунта	
		40% водный раствор	95% водный раствор*
Песок	0,290	0,210	0,060
Галит	0,140	0,100	0,028
Сильвинит	0,142	0,087	0,015

*величина получена путем пересчета концентрации.

Оптимизацию процесса кристаллизации солей кальция проводили по следующим параметрам:

1. Снижение фильтрующей способности грунта.
2. Состав, концентрация и объем раствора осадителя.
3. Соотношение объема эвтонического раствора и раствора осадителя.

Эксперимент осуществлялся следующим образом. В колонку с сухой породой заливался эвтонический раствор. После пропитывания этим

раствором грунта в колонку заливался раствор осадителя (насыщенного раствора сульфата натрия, карбоната натрия или 40% раствор серной кислоты) и к выводу в нижней части колонки подключали компрессор. Понижение давления при смешении растворов необходимо для создания условий кристаллизации сульфата кальция в объеме породы. В отсутствии давления кристаллизация сульфата кальция происходит только в верхней части колонки. Объемы эвтонического раствора и раствора осадителя одинаковы и равны 0,1 л. После выдерживания полученной смеси породы и соли кальция в течение 5-12 часов, снова измерялась скорость фильтрации. Полученные данные представлены в табл. 3. Установлено, что скорость фильтрации максимально снизилась при использовании в качестве осадителя 40% раствора серной кислоты. Это объясняется повышенной концентрацией сульфат-иона, которая не может быть получена при использовании насыщенного раствора сульфата натрия из-за ограниченной растворимости этой соли, и как следствие, большего количества осажденного сульфата кальция.

Оптимальные объемы эвтонического раствора и раствора осадителя на единицу массы породы определены экспериментально. В колонку с сухой породой заливался заведомо больший объем эвтонического раствора. Избыток раствора стекал в течение 120 мин. Оптимальный объем раствора рассчитывали как разницу между исходным и избыточным объемами. Для 0,4 кг породы эта величина составляет 0,2 л раствора.

Для определения требуемого количества осадителя (40% раствора серной кислоты) в колонку заливался определенный ранее объем эвтонического раствора - 0,2 л, через 30 мин. в колонку заливали раствор осадителя и включали компрессор. В каждом последующем эксперименте объем раствора осадителя увеличивали. Соотношение объемов эвтонического раствора и раствора осадителя изменялось от 9:1 до 2:8 соответственно. На выходе из колонки контролировали наличие в стекающем растворе сульфат-ионов. Появление в растворе сульфат-ионов свидетельствует о том, что все присутствующие в грунте ионы кальция осаждены в виде сульфата и дальнейшее увеличение концентрации осадителя нецелесообразно.

Таким образом, исследования показали, что процесс осаждения сульфата кальция в большей степени отвечает задаче тампонирования водопроницаемых участков породы.

На основании полученных данных можно сформулировать следующие рекомендации:

- возможность использования эвтонического раствора трехкомпонентной системы $KCl – NaCl – CaCl_2 – H_2O$ в соляных горных породах обусловлена тем, что в нем не происходит растворение сильвинита и галита;
- высокая плотность эвтонического раствора приводит к образованию расслаивающейся системы с раствором хлорида натрия, которая сохраняется в отсутствии перемешивания в течение достаточно длительного времени и позволяет минимизировать контакт раствора хлорида натрия с породой;

- при смешении эвтонического раствора с растворами хлорида натрия происходит кристаллизация этой соли;
- наиболее эффективным способом снижения водопроницаемости грунтов является осаждение сульфата кальция;
- растворимость карбоната кальция в растворах хлорида натрия значительно ниже, чем у сульфата кальция, однако карбонат менее эффективно снижает водопроницаемость грунтов;
- оптимальным осадителем сульфата кальция является серная кислота, т.к. ее концентрация в водных растворах может меняться в более широких пределах в отличие от сульфата натрия. Использование концентрированных растворов серной кислоты позволит минимизировать количество воды, привносимое в участки вблизи соляных пород;
- осаждение сульфата кальция рекомендуется в грунтах вблизи соляных пород, что позволит снизить их водопроницаемость и минимизировать контакт соляных пород с растворами хлорида натрия и водой;
- участки грунтов, наиболее подходящие для засоления, выбираются на основании геологических данных. Основные показатели грунтов это их местоположение, обводненность, коэффициент фильтруемости и т.д.;
- предлагаемый способ снижения водопроницаемости грунтов может рассматриваться как превентивная мера для дополнительной гидроизоляции соляных пород.

Литература

1. *Коган В.Б., Огородников С.К., Кафаров В.В.* Справочник по растворимости. Т.2, М.-Л., Изд-во АН СССР, 1963. Т.3, Л., Наука, 1969.
2. *Кузьмин Е.В., Хайрутдинов М.М., Зенько Д.К.* Основы горного дела. – М., ООО «АртПРИНТ+», 2007.
3. Пат. 252029 ГДР. Инъекционный способ тампонирования трещиноватой и пористой соленосной породы, 1987.
4. Пат. 2363848 РФ. Способ техногенного эпигенеза тампонирования водопроницаемых участков или зон в соляных горных породах, 2009.
5. *Попов А.В.* Разработка тампонажных растворов для водоизоляции капитальных горных выработок в сложных горно-геологических условиях: дис. … канд. техн. н. / Попов Александр Валерьевич. – Шахты: Новочеркасский политехн. ин-т, 1984.
6. *Ржаницын Б.А.* Некоторые итоги работ в области химического закрепления грунтов: Материалы VIII Всесоюзного совещания. Киев, «Будівельник», 1971.
7. *Старцев Ю.Г.* Гидроизоляция горных выработок калийных и соляных рудников синтетическими смолами // Технология подземных разработок калийных месторождений. Пермь, 1988.
8. *Трупак Н.Г.* Способы борьбы с водой на калийных и соляных рудниках. М., Госгортехиздат, 1961.
9. *Трупак Н.Г.* Цементация трещиноватых пород в горном деле. М., Металлургиздат, 1956.
10. *Шиман М.И.* Предотвращение затопления калийных рудников. М., Недра, 1992.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УЩЕРБЫ ТЕРРИТОРИИ ПРИ ДОБЫЧЕ ТЯЖЕЛОЙ И СЛАНЦЕВОЙ НЕФТИ

Т.М. Мамахатов

Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Российская Федерация, 117997, Москва, Стремянный переулок, д.36. E-mail: tmmamakhatov@gmail.com

На сегодняшний день объемы добычи тяжелой и сланцевой нефти в мире находятся на максимальном уровне за всю историю отрасли. В 2018 г. объемы добычи нефти в США переступили отметку в 9000 баррелей в день. При этой нетрадиционная нефть занимает довольно значимую долю в структуре запасов нефти США и Канады.

Увеличение потребления нефти и увеличения запасов тяжелой металлоносной и труднодоступной нефти ставит перед обществом социально-экологические проблемы, связанные с защитой окружающей среды. Вынужденный переход к широкомасштабному освоению тяжелой металлоносной нефти с неблагоприятными экологическими свойствами усиливает ее негативное влияние на окружающую среду, особенно в индустриально развитых густонаселенных регионах мира, с большим энергопотреблением. Тяжелая нефть часто обогащена металлами-примесями, например, ванадием и никелем, с ярко выраженными токсическими свойствами. Известно, что в тяжелой нефти содержание ванадия и никеля сопоставимо с концентрацией их в рудах, а в остаточных нефтепродуктах (мазутах, коксах, гудронах, пеках и асфальте) в 2-4 раза больше. Включаются в разработку трудно извлекаемые запасы с высокой плотностью, которые часто обогащены токсичными элементами. Это резко меняет не только технологические параметры углеводородного сырья, но и увеличивает экологические издержки при его освоении.

Остро стоит проблема очистки тяжелых металлов в нетрадиционной нефти. Одним из главных токсичных компонентов нефти являются металлокомплексы. В металлоносной нефти в высоких концентрациях находится широкий спектр цветных, благородных редких и редкоземельных металлов. Ванадий и никель были в числе первых металлов, обнаруженных в нефти, видимо в связи с их повышенными концентрациями в сравнении с другими металлами. Концентрации этих металлов в нефти отдельных месторождений столь значительны, что оказываются вполне сопоставимыми с содержаниями металлов в рудах, извлечение из которых является вполне рентабельным. К сожалению, в России при кондиционных концентрациях ванадия и никеля в нефти его добыча из нее не налажена, хотя извлечение их могло бы дать существенную прибыль нефтедобытчикам.

Определенный интерес в этом отношении представляет тяжелая нефть, которая отличается как по свойствам, так и по составу [1]. Тяжелая нефть наиболее обогащена V и Ni. Мировые потенциальные ресурсы ванадия в

тяжелой нефти и битумах составляют примерно 125 млн т, а извлекаемые попутно с нефтью – около 20 млн т. Сейчас ванадий и никель теряются при сжигании нефтепродуктов, нанося большой ущерб окружающей среде.

Нефть из битуминозных песков Канады давно называется в научной нефтегазовой литературе "грязной нефтью". По ряду оценок, в том числе исследователей из Стэнфордского университета ("Upstream greenhouse gas (GHG) emissions from Canadian oil sands as a feedstock for European reneries", PDF), общий объем выбросов парниковых газов от нефти из битумных песков на 23% выше, чем от обычной нефти.

Объем парниковых выбросов сравнивается с учетом полного цикла – от добычи нефти до сжигания нефтепродуктов из данного сорта нефти. Это так называемый цикл "от скважины до колеса" ("well-to-wheel", WTW).

По оценкам Канадского института энергетических исследований Canadian EnergyResearch Institute, CERI), при увеличении добычи нефти из битумных песков к 2035 г. объем выбросов парниковых газов увеличится в три раза по сравнению с показателями начала добывающих работ в 2010 г. [2]

При этом энергетический сектор уже стал главным источником загрязнения в стране, опередив по этому показателю транспортный сегмент канадской экономики. В 2016 г. на долю добычи нефти и газа пришлось около 25% от всего объема промышленных выбросов парниковых газов в стране [3].

Экологический налог, скорее всего, придется заплатить и за разработку сланцев. Феномен "сланцевой революции" принес с собой целых ворох сопутствующих экологических проблем.

Побочные эффекты от добычи сланцевой нефти в США в последние годы стали все громче заявлять о себе. Причем, по мнению многих исследователей, их полный масштаб пока еще не до конца изучен.

Уже можно с полной уверенностью говорить о прямом экологическом ущербе ближайшей к центрам добычи тяжелой нефти территориям и землям. После нескольких лет исследований со стороны Геологической службы США, геологических ведомств отдельных штатов, а также ряда различных исследований, возможные методы борьбы с данной проблемой уже обсуждают на уровне отдельных штатов США. В Великобритании добыча сланца привела к серии землетрясений в районе одного из курортных городков. По экологическим соображениям приостановлена добыча в трех американских штатах и двух канадских провинциях.

Прогнозы о том, что разработка сланцевых месторождений может привести к ухудшению ситуации с парниковыми выбросами публикуются в авторитетных изданиях. В частности, площадку для подобных прогнозов уже предоставили Scientific American ("Fracking Would Emit Large Quantities of Greenhouse Gases"), Christian Science Monitor ("Methane leaks of shale gas may undermine its climate benefits") и ряд других научных и новостных ресурсов.

При этом "экологический налог" на разработку сланцев в США фактически уже введен на региональном уровне. В 2014 г. в штате Колорадо были введены законодательные ограничения на выброс метана при промышленной разработке сланцевых месторождений. Исследователями

данной проблемы в сотрудничестве с правительством США были представлены результаты расчетов, согласно которым инфраструктура добычных проектов, рассчитанных на добычу 90 млн. т в год, будет производить одновременно более 350 млн. т углекислого газа в год, что составляет около 5% от текущих годовых выбросов парниковых газов США (7,26 Гт CO_2). [4]

Присутствует высокая угроза отравления почвы и водных источников при гидроразрыве пласта, когда в скважины закачивается смесь химикатов. Они вступают в реакцию с природными радиоактивными материалами, которые содержатся в пласте (naturally occuring radioactive material, NORM). В результате образуются вещества под названием TENORM (Technologically enhanced naturally occuring radioactive material). После гидроудара метан и химические реактивы попадают в водяные пласты, а затем в водопровод. В процессе добычи используется большое количество воды, которая потом не очищается. В одном из городков Пенсильвании, рядом со сланцевыми скважинами, жители поджигают обогащенную метаном воду из-под крана.

Есть также и другое мнение. Воздействие на окружающую среду надо принимать во внимание наравне с энергетической безопасностью страны, подчёркивает климатолог Эндрю Уивер из Университета Виктории (Канада), избранный в этом году в парламент Британской Колумбии от партии зелёных. Он отказывается от оценки шансов на создание трубопровода, подчёркивая, что решение остается за Соединёнными Штатами. По его мнению, аргумент в пользу энергетической безопасности Северной Америки выглядит «вполне убедительным».

Существует также угроза повышения мировой температуры, если полностью разработать месторождения битуминозных песков. Эксплуатационные запасы (те, которые могут быть выбраны с использованием нынешних технологий) составляют примерно 11% от общемирового объёма нефти, и модель Уивера показала, что в результате среднемировая температура вырастет всего на 0,03°C. Учёный полагает, что бороться следует прежде всего с углём: если сжечь все его запасы, это повлияет на климат в 30 раз сильнее, чем нефть.

В России же экологическая картина также не безоблачна, и при добыче преимущественно легкой нефти. Западно-Сибирский регион, сейчас активно развивающийся в промышленном отношении, в последние годы характеризуется нарастанием напряженности экологической обстановки. Ряд городов и промышленных районов Западной Сибири может быть отнесен к зонам экологического бедствия. Основная причина этого – несоответствие масштабов техногенного воздействия на природную среду и мер по ее сохранению, восстановлению и охране. Конкретно это выражается в непрерывном нарастании площадей и объемов добычи нефти и газа со степенью выработки месторождений более 50%, использовании старых технологий, наличии опасных ядерно-химических объектов.

Ежегодно на нефтепромыслах сжигается 6-7 млрд. куб. м попутного газа, или 75-80% его общего объема, в то время как по условиям лицензирования его потери не должны превышать 5%. Газовые факелы, образующиеся при

сжигании газа, хорошо видны из космоса. Нефтегазодобывающая промышленность имеет самую низкую степень очистки выбросов в атмосферу (2,7%). Утилизация попутного газа - одна из актуальных экологических проблем региона [5].

К наиболее распространенным загрязнителям водоемов Западной Сибири также относятся железо, аммоний, нитриты, фенолы, однако на первом месте практически во всех районах находятся нефтепродукты, которые и определяют экологическое состояние гидрографической сети. В целом относительно чистые реки многочисленны на юге региона, где выделяется зона удовлетворительной обстановки с небольшим превышением предельно допустимых концентраций загрязнителей.

При начале промышленной добычи тяжелой нефти и битуминозных песков в России, необходимо грамотно подобрать наименее опасную для экосистемы Сибири технологию добычи. Свести к минимуму угрозы техногенной катастрофы и загрязнения рек в регионе.

В заключение хотел бы сказать, что объем подобных отходов по мере продолжения "сланцевой революции" в США будет только расти. В отдельных штатах компаниям разрешается утилизировать их прямо на территории разработки сланцев. В других штатах требуется утилизация на специально выделенных для этого площадках.

Промышленная добыча нефти из битуминозных песков и разработка сланцев несут в себе серьезные экологические риски. Правительство США вместе с новым президентом полностью поддерживают промышленников, увеличивая объемы добычи нефти в США за счет разработки запасов нетрадиционных источников сырья, в первую очередь сланцевой нефти. Сегодняшняя энергетическая политика США направлена на обеспечение энергетической независимости и обеспечение топлива для проведения реиндустриализации страны. Уже можно говорить о повышении уровня загрязнения почвы, грунтовых вод и атмосферы в регионах добычи.

В этом плане у стран, ведущих активную добычу труднодоступной тяжелой нефти, есть риск в какой-то мере повторить судьбу Китая, где бурный промышленный рост в течение многих лет привел к плачевным последствиям для экологии в масштабах всей страны.

Власти КНР уже признали факт масштабного загрязнения сельскохозяйственных угодий страны. По данным проведенного исследования, почти пятая часть пахотной земли Китая загрязнены.

Министерство охраны окружающей среды КНР совместно с Министерством земельных и природных ресурсов КНР опубликовали доклад по состоянию загрязнения почвы и пахотных земель страны, в котором говорится что территория общей площадью 6,3 млн. км^2 (что примерно составляет 16% почвы и 19,4% пахотной земли Китая) серьезно загрязнена. При этом основной источник загрязнения – неорганические вещества, такие как тяжелые металлы.

Экологические последствия добычи нефти из песка представляют проблему. Чтобы выделить нефть из песка, на установках сжигается

невероятное количество природного газа – его количества хватило бы на отопление четырех миллионов квартир.

Один баррель нефти содержит больше энергии, чем ушло на его производство. Но при этом в атмосферу выбрасывается втрое больше углекислого газа, чем при добыче нефти традиционным способом.

Литература

1. *Мамахатов Т.М.* Оценка экологического ущерба при добыче труднодоступной нефти в России и в мире// Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна (опыт, инновации), Материалы Девятой Международной научно-технической конференции (посвященной 100-летию со дня рождения А.К.Протозанова). 2014. С. 204-209.
2. *Мамахатов Т.М.* Битуминозные пески в Сибири и их значение для топливно-энергетического комплекса стран мира // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2014. Т. 3. № 1. С.
3. *Эдер Л.В., Филимонова И.В., Проворная И.В., Мамахатов Т.М.* Особенности развития нефтяной промышленности России на современном этапе//Бурение и нефть. 2016. № 12. С. 3-14
4. *Filimonova I.V., Eder L.V., Mishenin M.V., Mamakhatov T.M.* Current state and problems of integrated development of mineral resources base in Russia// IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2017. С. 012011.
5. *Толстолыткин И.П.* Разработка нефтяных месторождений ХМАО-Югры. Состояние и пути совершенствования // Нефтегазовая вертикаль. 2010. No 23-24. С. 52-58.

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ВОВЛЕЧЕНИЯ В ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ОБОРОТ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА СИБИРИ

Р.Т. Мамахатова

АО «СНИИГГиМС», 630091 г. Новосибирск, Красный пр. 67. E-mail: kos@sniiggims.ru

Достижение устойчивого сбалансированного состояния минерально-сырьевой базы (МСБ) Российской Федерации подразумевает, прежде всего, удовлетворение потребностей в минеральном сырье базовых отраслей экономики: топливно-энергетического комплекса, атомной энергетики, черной и цветной металлургии, агрохимического и нерудного производств. В целом текущая обеспеченность базовых отраслей экономики разведанными запасами основных видов полезных ископаемых представляется достаточно удовлетворительной. В то же время практически по каждой группе минерального сырья наметились или обострились проблемы МСБ применительно к конкретным горнорудным районам и отдельным базовым предприятиям. Проблема дефицита минерального сырья делает актуальным поиск его дополнительных источников.

Большие перспективы в решении этой проблемы имеются в возможности вовлечения в разработку техногенных месторождений – скоплений минеральных веществ на поверхности Земли или в горных выработках, представляющих собой отходы горного, обогатительного, металлургического и других производств и пригодные по количеству и качеству для промышленного использования, которое становится возможным по мере развития технологии их переработки и изменения экономических условий.

Мировая практика свидетельствуют о возможности организации производства металлов из отходов, качество которых сравнимо с качеством природного сырья. Потенциальные возможности техногенных ресурсов характеризуются значительным содержанием в них черных и цветных металлов, компонентов для стройиндустрии, существенная часть которых в современном понимании относится к поликомпонентным техногенным рудам.

В настоящее время, в пределах России, в том числе и в Сибири, на многочисленных угольных котельных действующих ГРЭС, обогатительных фабриках и металлургических заводах накапливается огромная масса техногенного сырья, количество которого постоянно возрастает.

В настоящее время объем образования отходов производства и потребления в России составил, по данным Росприроднадзора, 4,3 млрд т. Наибольший объем отходов приходится на добычу полезных ископаемых – 88,7%, в том числе на добычу топливно-энергетических полезных

ископаемых – 58,7%. На долю обрабатывающих производств приходится 6,5% всех образующихся отходов, в том числе 4,3% - на металлургическое производство и производство готовых металлических изделий.

Таким образом, производителей техногенного сырья можно ранжировать следующим образом:

- предприятия, которые используют бурый и каменный уголь с целью получения тепловой энергии;
- обогатительные фабрики рудных полезных ископаемых, образующие огромные шламовые поля;
- металлургические заводы со шлаковыми отвалами.

При этом в горнопромышленном производстве сохраняется его экстенсивный характер, с целью увеличения сырьевого экспорта. Сырьевая ориентация российской экономики в экспорте страны не только не улучшила, но и усугубила сложившуюся за последние годы крайне негативную техногенно-экологическую ситуацию: продолжается прогрессивное накопление золошлаковых отходов, но не решается проблема их консервации и извлечения из них особо ценных и токсичных микрокомпонентов. В частности, переработка отходов медных производств не превышает 2-3%, углесжигания – 4% и т.д. За рубежом переработка и использование техногенного сырья достигли 40-90% (США, Западная Европа). Этому способствовали дефицит и высокая стоимость земель и недр, мониторинг за их использованием, а также санкции и поощрительные выплаты. С этих позиций оценка потребностей промышленно развитых стран в природном сырье стала проводиться за вычетом объемов возможного производства необходимой продукции из техногенных источников.

Очевидно, что отходы ГПК и ГМК, с одной стороны, представляют собой огромный резерв возобновляемых техногенных ресурсов, альтернативный экстенсивному недропользованию, а с другой - формируя очаги экологического неблагополучия, ухудшают экологическое состояние региона, что проявляется в повышении заболеваемости и депопуляции населения. При этом доля редких и редкоземельных металлов в извлекаемой массе сырья является определяющей, а их стоимость на порядки превышает цену профилирующей минеральной и металлургической продукции [1].

Таким образом, золошлаковую массу углей Кузбасса можно представить, как промышленные техногенные месторождения целого комплекса полезных ископаемых: редкоземельных элементов цериевой и иттриевой групп, редких металлов платиновой группы, золота, германия и др.

Оценка металлоносности товарных углей 16 геолого-промышленных районов бассейна была проведена Всероссийским научно-исследовательским институтом угля (ВНИГРИуголь). В результате проведенных геохимических исследований было обнаружено наличие в углях титана, иттрия, иттербия, циркония, ниобия, рубидия, стронция, лития, бериллия, кобальта, золота, серебра, таллия, висмута. Наиболее широко распространены цирконий, иттрий, ниобий и титан. Встречаемость кондиционных содержаний этих элементов (на 69 обследованных предприятиях бассейна) составляет

соответственно 47, 38, 32 и 23%. На 59 предприятиях выявлено повышенное содержания висмута.

Проведенные исследования свидетельствуют о промышленной ценности углей и их золошлаковых отходов по алюминию и целому ряду совместно встречающихся редких, редкоземельных и других элементов, которые в сумме во сто крат дороже угля и востребованы как у нас, так и за рубежом.

Высокие содержания ряда промышленно ценных металлов отмечаются и в продуктах магнитной сепарации золошлаковых отходов, в частности, железа - 23,8% (в пересчете на Fe_2O_3 составляет 34%), никеля -700-950 г/т (0,07-0,095%), кобальта – 370 (0,037%), хрома – 2600 (0,26%), вольфрама – 750 (0,075%), свинца – 16000 (1,6%), олова – 1800 (0,18%), молибдена – 100 (0,01) [2]. По существу, магнитная фракция золы представляет собой концентрат металлов, имеющий промышленную значимость по целой группе элементов. Учитывая огромные объемы золо-шлаковых отходов, ежегодно можно получать несколько сотен тысяч тонн магнитного концентрата, представляющего собой природно-легированную руду. На территории Кемеровской области работают 10 крупных ТЭС, потребляющих ежегодно от 1до 5 млн т угля каждая, что приводит к накоплению порядка 2,9 млн. т золы в год. Выход магнитного концентрата может составить до725 тыс, т в год. Такие же объемы можно ожидать в Новосибирской, Омской и других областях Сибирского федерального округа.

Таким образом, к настоящему времени в углях Кузнецкого бассейна и их золо-шлаковых массах, известны промышленные концентрации различных металлов (железо, алюминий, никель, кобальт, хром, германий, скандий, золото, тантал, ниобий, редкоземельные, свинец, олово и др. элементы), пользующихся высоким спросом в России и на мировом рынке.

За рубежом для переработки техногенного сырья широко применяются мини-заводы, перемещаемые с объекта на объект по мере выполнения своих задач. При этом используется готовая инфраструктура горнопромышленных районов.

Основываясь на вышеизложенных данных, можно полагать, что золоотвалы ТЭЦ являются рудоперспективными объектами, в которых могут быть выявлены в промышленных концентрациях цветные, черные, редкие, редкоземельные и благородные металлы. Прежде всего, это железо, марганец, алюминий, титан, цирконий, медь, никель, свинец, цинк, литий, редкие земли, ванадий, галлий, скандий и др. [1, 3].

Каждое техногенное месторождение обладает своими особенностями, обусловленными составом исходного сырья, технологией добычи, обогащения или переработки и целым рядом других факторов. Поэтому необходимы объективная оценка и детальная разведка каждого перспективного техногенного месторождения.

Решающим фактором вовлечения техногенных месторождений в разработку должна стать экономическая целесообразность их разработки, которая возможна лишь при условии развития и промышленного использования передовых инновационных технологий переработки вторичного материала. В этой связи представляется целесообразной

подготовка инвестиционных проектов по ряду наиболее перспективных объектов, вовлечение которых в хозяйственный оборот имеет экономический, социальный или экологический приоритет [3].

Существующие и перспективные технологические разработки, в частности, опыт переработки отвалов некондиционных руд при использовании крупнопорционной сортировки горной массы и покусковой и мелкопорционной сепарации некондиционных руд с помощью ядерно-физических методов, позволяют оценивать высокую прибыльность техногенных месторождений и возможность перехода к безотходным технологиям.

Необходимо подчеркнуть, что если при добыче полезных ископаемых из коренных месторождений необходимо вкладывать немалые средства в строительство горнодобывающего и обогатительного комплексов, а также подготовку руды (дробление, измельчение и т.п.), то отходы (хвосты обогащения и шлаки) уже находятся в состоянии, достаточно подготовленном к переработке (лежат на поверхности земли, раздроблены и измельчены) в зоне действия существующих горнопромышленных предприятий.

Вовлечение в хозяйственный оборот техногенных месторождений позволит решить некоторые важные проблемы минерально-сырьевого комплекса страны и улучшить экологическую ситуацию. В частности, оно обеспечит сокращение расходов на поиски и разведку новых месторождений, повышение производительности труда за счет рентабельной переработки уже добытого сырья, улучшение условий труда, так как техногенные месторождения расположены на поверхности Земли в отличие от все более глубокозалегающих обычных коренных месторождений полезных ископаемых, высвобождение занимаемых техногенными отходами земель и их рекультивацию, ликвидацию источников загрязнения окружающей среды.

Все вышеизложенное указывает на актуальность и народнохозяйственную важность проблемы переработки и утилизации отходов горнорудной, металлургической, топливно-энергетической и химической отраслей промышленности.

Интерес к техногенным месторождениям будет возрастать по мере истощения запасов крупных месторождений не только в России, но и в других странах, возрастающих потребностей промышленности, применения инновационных технологий переработки техногенных отходов.

В настоящее время необходимо решить проблему пересмотра экономической политики в обращении с отходами добычного, обогатительного и перерабатывающего комплексов промышленности. Для этого необходимо приступить к решению следующих задач:

- составить карты и территориальные кадастры техногенных месторождений Сибири.
- дать геолого-экономическое обоснование целесообразности извлечения металлов из техногенных образований.

- проводить систематические минералого-геохимические исследования, по стандарту США, включающему 52 компонента, в том числе благородные металлы и редкие элементы.

- оценить токсичность отходов и степень их экологической опасности.

- произвести выбор экологически и экономически приемлемых современных наукоемких технологий извлечения и переработки ценных компонентов из хвостов обогащения, зол, шлаков и других техногенных образований [2].

Переработка техногенных месторождений позволит не только ликвидировать экологически опасные отвалы, но и поставит на службу новую рудную сырьевую базу, необходимую для российской индустрии.

Все эти вопросы могли бы найти отражение в целевой программе вовлечения техногенных месторождений в хозяйственный оборот. В программе с единых системно-целевых и методологических позиций и с учетом государственной политики России в области воспроизводства и рационального использования минерально-сырьевых ресурсов можно дать комплексную и всестороннюю геолого-экономическую оценку техногенных месторождений России как альтернативного источника сырья для обеспечения возрастающих потребностей в нем базовых отраслей экономики, а также предложить конкретные мероприятия по выявлению, учету, систематизации и типизации, изучению, ранжированию, оценке и мониторингу отходов горно-металлургического производства.

Литература

1. *Краснов О.С., Салихов В.А.* Перспективы производства дефицитных цветных и редких металлов из угольных отходов в Кузбассе // Цветные металлы. М., 2007. № 8. С. 8–11.
2. *Герт А.А., Мамахатова Р.Т.* Современное состояние техногенных образований Южной Сибири и их роль в повышении эффективности воспроизводства МСБ страны// Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр: Материалы XI Международной конференции, 18-21 сент. 2012 г. Усть-Каменогорск: ВКТГУ, 2012. Т.1. С.9-11.
3. *Мамахатова Р.Т.* Роль инвестиционных проектов в развитии сырьевой базы Сибири / Сб.мат. X1 Междунар. науч. конгр.8-18 апр. 2015 г., Новосибирск, СГГА

СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РАЙОНЕ КАЧКАНАРСКОГО ГОКА И НАПРАВЛЕНИЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО БАЛАНСА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Е.А. Меньшикова, С.М. Блинов, Т.И. Караваева

ЕНИ ПГНИУ, г. Пермь, ул. Генкеля, 4. E-mail: menshikova_e@list.ru

Горнодобывающая деятельность характеризуется существенным воздействием на окружающую среду, специфика которого определяется геолого-геохимическими особенностями месторождений и применяемой технологией для его разработки. Наиболее сильные нарушения наблюдаются при добыче полезных ископаемых открытым способом, когда под разработку месторождений отводятся большие территории и формируются значительные объемы вскрышных пород и продуктов обогащения руд [4]. В современную эпоху техногенное загрязнение окружающей среды отходами горной добычи становится одной из наиболее актуальных проблем экологической безопасности многих территорий.

Качканарский горно-обогатительный комбинат (ЕВРАЗ КГОК) входит в структуру промышленного холдинга ЕВРАЗ. По объемам производства комбинат входит в пятерку крупнейших в России горнорудных предприятий и расположен в Свердловской области. Предприятие разрабатывает Гусевогорское месторождение титаномагнетитовых железных руд, содержащих примеси ванадия. Содержание ванадия в руде позволяет выплавлять высокопрочные легированные сорта стали.

Месторождения Качканарского габбро-пироксенитового массива являются единственным источником ванадиевой руды в России. Комбинат осуществляет свою деятельность с 1956 г., современная производственная мощность комбината составляет около 55 млн. тонн железной руды в год. В настоящее время ЕВРАЗ КГОК добывает руду из трех карьеров, перерабатывает ее в цехах дробления, обогащения, агломерации. Комбинат производит высококачественное железорудное сырье из руды с низким содержанием железа – около 15%, что и определяет существенный объем образования хвостов.

Складирование хвостов мокрой магнитной сепарации осуществляется в хвостохранилище, где ежегодно размещается около 45 млн. т хвостов. Транспорт хвостов осуществляется в форме пульпы с содержанием твердой фазы до 10%. В настоящее время хвостохранилище содержит около 1,6 млрд тонн хвостов. Хвосты мокрой магнитной сепарации частично используются для устройства ограждающих дамб хвостохранилища, так как оно относится к намывным сооружениям и хвосты являются строительным материалом, используемым для возведения ограждающих дамб, параметры которых обеспечивают его безопасную эксплуатацию.

Основные виды воздействия горно-обогатительного комбината связаны с выбросами в атмосферный воздух загрязняющих веществ, сбросами сточных вод в водотоки, нарушением земной поверхности горными работами, размещением вскрышных пород и хвостов мокрой магнитной сепарации. Зона потенциально возможного влияния комбината на состояние атмосферного воздуха ограничивается санитарно-защитной зоной предприятия; зона влияния на поверхностные водотоки – ниже по течению от места выпуска сточных вод, кроме того, воздействие на поверхностные и подземные воды территории оказывается фильтрационными водами дамб хвостохранилища – в этом случае зона потенциально возможного влияния распространяется от источника воздействия по направлению поверхностного и подземного стока. Геологическое строение территории определяет особенности химического состава природных вод, донных отложений и почв (таблица).

Приуроченность к рудоносной территории является причиной высокого содержания в водах Fe, V, Mn, Cu, Mo, Ni [2]. Влияние разработки месторождения выражается в переходе части химических элементов, прежде всего, элементов геохимической ассоциации, обусловленной наличием оруденения, в растворимые формы, которые со сточными водами попадают в поверхностные водные объекты и подземные водоносные горизонты [3]. В результате в природных водах увеличиваются концентрации этих элементов, создавая техногенно измененный геохимический фон.

Таблица 1

Геохимическая специфика состава компонентов окружающей среды в районе Качканарского ГОКа

Компонент (норматив сравнения)	Максимальные значения в отдельных пробах (кратность превышения относительно нормативов)
Атмосферный воздух (ПДК среднесуточные)	Fe_2O_3 (25), взвешенные вещества (6,6), Mn (2), NO_2 (1,7), CO (0,93), SO_2 (0,2)
Поверхностные воды (Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения)	Fe общ. (22,4), Cu (7,8), Mn (4,1), V (4), Mo (2,4)
Подземные воды (ГН 2.1.5.1315-03; ГН 2.1.5.2280-07)	Fe общ. (20,6), Ni (11,7), Mn (5,5)
Донные отложения (кларк по основным породам [1])	As (5,1), Sb (3,8), Bi и Ag (3), Mn (2,6), Pb (2,5), Cu (2,4), Li (1,8), Cr (1,5), Be и Cd (1,4), Sn (1,3)
Почвы (ГН 2.1.7.2511-09; ОСТ 46-52-76; кларк по [12])	Bi (7,2), V (5,4), Co (4,8), Cr (2,5), As и Ni (2,4), Cu (2,1), Zn (1,5), Ti (1,3), Mn (1,2)

Существенным фактором высокого содержания нитратов в сточных и природных водах является применение взрывчатых веществ при проведении горных работ. При этом комплексный анализ качества вод р. Выи, включающий гидрохимические и биологические методы оценки [13], показал, что средообразующая функция реки не нарушена, о чем свидетельствует удовлетворительное экологическое состояние водотока в зоне влияния производственной деятельности предприятия. Интегральные показатели экологического состояния – индекс сапробности, индекс биологического разнообразия, показатели состояния зообентоса, подтверждают, что река по классу качества воды относится к чистой, с высоким видовым разнообразием ихтиофауны.

На состав донных отложений и режим рек территории существенное влияние оказала и осуществляемая в прошлом дражная добыча золота. Анализ выделенных геохимических ассоциаций указывает, что на рассматриваемой территории большую экологическую опасность представляют процессы аккумуляции вещества в осадках Нижне-Выйского водохранилища, используемого для производственного водоснабжения ЕВРАЗ КГОК и рекреационных целей [8]. Геохимическая специфика осадков здесь отражается ассоциацией следующих микроэлементов V-Bi-Cr-Co-Mn-Ti-Ni-Se-Cu-Zn.

Почвенный покров территории представлен преимущественно подзолистыми горно-таежными почвами с низким продукционным потенциалом: средняя мощность плодородного слоя - 9-14 см, содержание гумуса - 2,6 %, запас - около 30 т/га. Почвы обладают низкой устойчивостью к поверхностной эрозии, при нарушениях целостности растительного покрова подвергаются как плоскостной, так и линейной эрозии.

Микроэлементный состав почв характеризуется практически повсеместным повышенным валовым содержанием V, Co, Cr, As, Bi. На отдельных участках суммарная концентрация загрязнителей 1-3 классов экологической опасности, рассчитанная по показателю Zc (СП 11-102-97, СанПиН 2.1.7.1287-03), достигает 19 единиц (при допустимом уровне этого показателя 16).

Масштабы современного горнодобывающего производства характеризуются интенсивным использованием природных ресурсов, нарастанием отходов и ухудшением качества окружающей среды. В связи с этим, все большее внимание уделяется вопросу экономически обоснованного и экологически безопасного функционирования горнодобывающего предприятия.

Наиболее существенным по масштабу и реализуемым в ближайшей перспективе направлением достижения эколого-экономического баланса на ЕВРАЗ КГОК является применение новейшей прогрессивной технологии сгущения хвостов мокрой магнитной сепарации [5, 6]. Указанная технология предполагает сгущение пульпы до пастообразного состояния с содержанием твердой фазы в диапазоне 65-70%, что обеспечивает безопасность функционирования существующего хвостохранилища в случае наращивания его высоты и существенно сокращает площади размещения отходов при

строительстве нового отсека [7].

Кроме того, в рамках крупномасштабных проектов по введению в отработку Собственно-Качканарского месторождения реализуются экологически и экономически более эффективные схемы управления сточными и карьерными водами – создание замкнутых систем водоснабжения, снижение сбросов сточных вод в водотоки, снижение расхода свежей воды для пополнения системы оборотного водоснабжения.

Важнейшим направлением рационального природопользования является комплексное использование отходов. Перспективным направлением использования отдельных многотоннажных отходов горной добычи могут выступить технологии каменного литья, среди которых очень активно развивается производство минеральных волокон, обозначаемых на практике понятием «базальтовые волокна», «базальтовые технологии» [10]. Согласно проведенным исследованиям [9], благоприятные предпосылки имеются для использования с этой целью отходов мокрой магнитной сепарации титаномагнетитовых руд из хвостохранилища АО «ЕВРАЗ КГОК».

Исследования проведены на кафедре минералогии и петрографии Пермского государственного национального исследовательского университета и включали комплексирование целого ряда методов – оптический минералогический анализ с уточнением результатов дифрактометрическим методом (дифрактометр 2D PHASER, «Bruker»), оценка химического состава с применением рентгенофлуоресцентного метода (спектрометр S8 Tiger, «Bruker»), моделирование процесса плавления с использованием синхронного термоанализатора (STA 409 PC Luxx, «NETZSCH»), гравитационная сепарация для повышения качества исходных хвостов с применением лабораторного винтового шлюза (диаметр желоба 160 мм).

Исходный дробленый обломочный материал хвостов мокрой магнитной сепарации был обогащен на винтовом аппарате с получением концентрата (4,5-7,5%), промпродукта (60-80%) и легкой фракции. В составе концентрата оказались в основном титаномагнетит, ильменит и сульфиды. Кроме того, в нем обнаружены золото, касситерит, интерметаллиды меди и цинка, самородная медь и сульфиды мышьяка. Титаномагнетит может быть легко выделен из него магнитной сепарацией и добавлен к основному продукту предприятия. Промпродукт по составу является в основном пироксеновым, а легкая фракция – полевошпатовой.

Термические испытания с полученными продуктами гравитационного обогащения показали, что они более пригодны в качестве сырья для получения базальтового волокна. В частности, процесс плавления хвостов гравитационного обогащения сопровождается более низкими энергетическими затратами, по сравнению с аналогичным процессом для исходного продукта – они снизились примерно на 23%. В то же время для них оказалась существенно менее выраженной кристаллизация при охлаждении.

Направлением достижения эколого-экономического баланса территории действующих промышленных предприятий является и геоэкологическое

районирование на основании инженерно-геологических условий [11], которое позволяет более рационально решать функциональные, экологические, экономические и архитектурно-планировочные задачи в рамках проектов реконструкции и расширения производственной базы.

Литература

1. *Алексеенко В.А.* Экологическая геохимия. М.: Логос, 2000. 627 с.
2. *Блинов С.М., Меньшикова Е.А. Щукова И.В.* Состав подземных вод территории Качканарского городского округа // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: материалы регион. науч.-практ. конф. / ПГНИУ. Пермь, 2013. С.95-97.
3. *Ваганов С.С., Крутик И.А.* Оценка качества поверхностных вод Качканарского городского округа //Современные проблемы водохранилищ и их водосборов Труды VI Международной научно-практической конференции. Научные редакторы Е.А. Зиновьев, А.Б. Китаев. 2017. С. 105-107.
4. *Зеньков И.В.* Обзор зарубежных исследований в области экологии горного производства // Горный журнал. 2016. № 10. С. 96-99.
5. *Кибирев В.И., Бауман А.В., Никитин А.Е.* О создании современных российских сгустителей //Горная промышленность. 2017. № 5 (135). С.32.
6. *Кибирев В.И.* Сгущение хвостовой пульпы – шаг к «зеленой» технологии складирования хвостов // Обогащение руд. 2010. № 6. С.44-48.
7. *Кузнецов А.Г., Лытин О.В., Карелин А.Э.* Хвостохранилище ОАО «ЕВРАЗ КГОК» и перспективы его развития // Горный журнал. 2013. № S-9. С.17-19.
8. *Меньшикова Е.А.* Экологическое состояние донных отложений в районе Качканарского ГОКа//Россыпи и месторождения кор выветривания: изучение, освоение, экология: материалы XV Междун. совещ. по геологии россыпей и месторождений кор выветривания/ ПГНИУ. Пермь, 2015. С.153-155.
9. *Меньшикова Е.А., Блинов С.М.* Экологические аспекты переработки минерального сырья Качканарского ГОКа// Материалы Российского совещания с международным участием «Роль технической минералогии в рациональном недропользовании». Москва, 15-16 мая 2018 г. М.: ВИМС, 2018. С. 125-129.
10. *Меньшикова Е.А., Осовецкий Б.М., Казымов К.П., Блинов С.М.* Отходы как сырье для производства базальтового волокна // Базальтовые технологии. № 1. 2012. С.21-23.
11. *Новокрещенных А.А., Новопоселенских Л.А., Спасский Б.А., Наумов В.А., Иларионов С.А.* Геоэкологическое районирование территории Качканарского горно-обогатительного комбината //Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. С. 672.
12. *Овчинников Л.Н.* Прикладная геохимия. М.: Недра, 1990. 248 с.
13. *Blinov S.M., Karavaeva T.I., Tikhonov V.P*. The evaluation of surface water quality in terms of resource and habitat functions // 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016, SGEM Vienna GREEN Extended Scientific Sessions, www.sgemviennagreen.org, SGEM2016 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-81-0 / ISSN 1314-2704, 2 - 5 November, 2016. Book 3. Vol. 3. 311-316 pp, DOI: 10.5593/SGEM2016/HB33/S02.040.

УПРАВЛЕНИЕ СОСТАВОМ АТМОСФЕРЫ В ПОДЗЕМНЫХ РУДНИКАХ

И.В. Минин

ФГБУ ВО «Уральский государственный горный университет», 620144, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д.30. E-mail: minin.i@m.ursmu.ru

При работе машин с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) объем подаваемого в выработки воздуха должен обеспечить снижение вредных примесей в исходящей струе ниже предельно допустимых концентраций. Состав рудничной атмосферы в местах работы машин должен определяться на окись углерода и окислы азота (у кабины машиниста). Концентрация вредных продуктов, с учетом выхлопа машин в рудничной зоне, не должна превышать величин, указанных в Федеральный нормах и правилах (ФНиП).

Дожигание горючих газов издавна применялось в горном деле, хорошо известны «выжигания» метана с помощью факела. Открытый огонь применялся до середины 1960 гг. во всех шахтах и рудниках. Греющие кабели активно используются в рудниках с вечной мерзлотой, где они обогревают трубопроводы с водой и проходят до забоев [1, 3, 4].

Эффективность возвращения к применению открытого огня для разных шахт обусловлена в том числе эколого-экономическими и социальными исследованиями.

Потребности в разработке новых подходов к управлению атмосферой подземных рудников возникли в связи с тем, что рудники спроектированные в прошлом столетии и построенные тогда же, оснащены маломощными главными вентиляторными установками. Мощности этих установок недостаточно для применения сотен машин для транспортирования горной массы [3, 5]. Преодолеть это ограничение, наверное, возможно строительством новых вентиляторов, однако тогда возникает проблема увеличения сечений горных выработок, для пропуска увеличенного количества воздуха и соблюдения максимальных скоростей воздушных потоков.

Анализ показывает, что традиционными методами – увеличением подачи воздуха в рудники - проблема будет решаться десятки лет, так как многие рудники требуют реконструкции главных вентиляторных установок [4].

Количество свежего воздуха, подаваемого в выработки, где работают машины с ДВС, должно обеспечить содержание кислорода в воздухе не менее 20% (по объему) согласно требований ФНиП.

Расчет выполняется с учетом мощности и экологического класса двигателей машин. Согласно действующего ГОСТ Р 52160-2003 «Автотранспортные средства, оснащенные двигателями с воспламенением от сжатия. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния» машины с ДВС, работающие в шахтах, относятся к категориям N_1, N_2, N_3 с

экологическим классом 4. Для данных машин с ДВС предельный уровень величин выбросов устанавливается в соответствии с Правилами ЕЭК ООН №96-02 (табл. 1).

Таблица 1

Норма образования оксида углерода при работе ДВС

Полезная мощность *P*, кВт	Оксид углерода CO г/(кВт·ч)
130 ≤ P ≤ 560	3,5
75 ≤ P ≤ 130	5,0
37 ≤ P ≤ 75	5,0
18 ≤ P ≤ 37	5,5

Расчет на примере самосвала CAT AD30: мощность 305 кВт, объем двигателя 15,2 л. (0,0152 м³), количество оборотов двигателя в минуту при максимальной мощности – 1 800. Учитывая, что двигатель четырехтактный, за один оборот выбрасывается количество газов равное половине объема двигателя [4].

Объем исходящих газов от работы машины с ДВС на максимальной мощности рассчитывается на выбрасываемое количество газов, отработанных в ДВС. Отработанные газы содержат оксид углерода CO. Регламентируется выброс опасных веществ, прошедших через двигатель. Расчетное количество выделяемой окиси углерода вычисляется путем умножения номинальной мощности двигателя машины на предельное количество газа на 1 кВт мощности двигателя [3, 4]. Расчетный объем выделяемой окиси углерода определяется путем деления рассчитанного количества воздуха на плотность CO. В прошедшем через ДВС воздухе, содержание CO составит менее 0,1% по объему.

Согласно ФНиП содержание кислорода в воздухе должно быть не менее 20% (по объему). Учитывая, что в подаваемом из атмосферы в шахту воздухе содержание кислорода равно 20,95% по объему (ГОСТ 4401-81), то рассчитанный относительный объем (%) выделившихся газов должен составлять не более 0,95% по объему.

Таким образом, весь расход отработанных газов должен составлять не более 0,95% по объему от поступающего воздуха в выработку, где работает самосвал.

Объемный расход выбрасываемого газа CO из ДВС требует для достижения ПДК расхода воздуха, поступающего в выработку, не менее:

$$Q_{ДВС} = \frac{Q_{выб} \times 100\%}{ПДКСО}$$

где: $Q_{двс}$ – расход свежего воздуха для работы машины с ДВС, м³/с;

$Q_{выб}$ – расход отработанных газов ДВС, $м^3/с$.

Показатель ПДК CO = 0,0017% (п. 156 ФНиП ГР).

Для разбавления CO требуется большее количество свежего воздуха, чем для поддержания уровня содержания кислорода не ниже 20%. Для самосвалов требуется наибольшее количество воздуха для разбавления CO.

Рассматривается применение метода, заключающегося в том, что используется нагревающий кабель, протянутый под кровлей транспортного наклонного съезда, и предназначенный для дожигания CO (угарный газ) до CO_2 (углекислого газа). Угарный газ более легкий, чем воздух, поэтому нагревающий кабель необходимо установить под кровлей.

Дожигание CO проходит по следующей формуле:

$$2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$$

($\Delta G_{298} = -257$ кДж, $\Delta S°_{298} = -86$ Дж/К).

Реакция горения является цепной, причём ее инициаторами служат небольшие количества водородсодержащих соединений (вода и др.) [2].

Таким образом, применение нагревающего кабеля, установленного вдоль транспортных путей под кровлей выработки, обеспечит дожигание CO до CO_2. По анализу ПДК, CO – 0,0017 % по объему, CO_2 – 0,5 % по объему, допускается снижение потребного расхода свежего воздуха в 0,5/0,0017 = 294 раза, по выбросам от автомобильной техники.

Преобразование угарного газа в менее активный и существенно безопасный углекислый газ позволяет сохранить жизнь горнорабочих в замкнутых пространствах, где они испытывают на себе активное воздействие от машин с ДВС. Машины идут по выработкам со свежей струей воздуха от ствола до забоя и обратно. Воздух с содержанием отработанных газов поступает в забой, где работают горнорабочие. Уничтожение угарного газа до попадания в забой снижает опасность, при этом концентрация углекислого газа в разы меньше при том же расходе свежего воздуха, чем без применения нагревающего кабеля.

Снижения расхода свежего воздуха не планируется, а опасность в замкнутых пространствах уменьшается существенно.

Также при применении дожигания CO в руднике можно снизить потребление тепла на обогрев воздуха в зимний период.

В продолжение данной работы следует выполнить исследования предлагаемого метода в рудничных условиях, разработать конструктивные элементы и уточнить реальную эффективность метода, обосновать новый подход к техническому выполнению мероприятий и расчету необходимого количества воздуха для рудников.

Литература

1. *Алыменко Н.И., Минин В.В.* Подземные вентиляторные установки для нормалзации вентиляции труднопроветриваемых зон. Проблемы безопасности при эксплуатации месторождений полезных ископаемых в зонах градоромышленных агломераций: Тез. Докл. Междунар. Симпозиум. М.; Пермь 1995. С. 6-7.

2. *Баратов А.Н.* Пожаровзрывоопасность веществ и материалов, и средства их тушения: Справочное издание: в 2-х книгах. М.: Химия, 1990. Книга 2. С. 384.

3. *Минин В.В, Алыменко Н.И.* Вентиляторные установки и их применение. Рос. акад. наук. Урал. отд-ние. Горн. ин-т. - Екатеринбург, 1999. С. 182

4. *Минин В.В, Алыменко Н.И., Минин И.В., Фоменко Д.В., Минин О.В.* Вентиляторные установки и их применение. Часть 2. ОАО «Уралмеханобр» УГМК и УрО РАН, 2016. С. 211.

5. *Носырев Б.А., Белов С.В.* Вентиляторные установки шахт и метрополитенов: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2000. 278 с.

ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛЕКИСЛЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ШАДРИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Ю.А. Наумова, В.Ю. Курочкин, Е.И. Хорошавина

Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий Роспотребнадзора
г. Екатеринбург, ул. Попова, д.30. E-mail: naumovaua@yandex.ru

Проблемы сохранения и рационального использования уникальных по своему генезису, составу и лечебным свойствам углекислых минеральных вод Шадринского месторождения Курганской области имеют важное природоохранное и экономическое значение.

Шадринское месторождение углекислых минеральных вод расположено в южной части Среднего Зауралья, в пределах Шадринского района Курганской области. Месторождение в виде меридионально вытянутой линзы площадью 116,5 км^2 охватывает пространство между долинами рек Исети и Барневы, западнее г. Шадринск. В геолого-структурном отношении месторождение приурочено к восточной части Восточно-Уральской структурно-формационной мегазоны вблизи ее границы с Зауральской структурно-формационной мегазоной. В гидрогеологическом отношении месторождение находится в южной части Западно-Тобольского артезианского бассейна, являющегося частью Западно-Сибирского артезианского бассейна. Продуктивным горизонтом месторождения является камышловско–зайковский водоносный горизонт верхнего мела. Средняя мощность продуктивного горизонта месторождения составляет 40 м. Современный эксплуатационный водоотбор на месторождении формируется за счет сработки упругих запасов.

Основной специфической особенностью месторождения, определившей формирование на ограниченном пространстве углекислых средне- и высокоминерализованных содовых минеральных вод, является поступление в камышловско–зайковский водоносный горизонт по зонам глубинной трещиноватости гипогенного углекислотного флюида. Источником углекислотного флюида, по мнению большинства исследователей месторождения, являются процессы термометаморфизма карбонатсодержащих пород фундамента, погруженных на глубину порядка 20-30 км, в результате которых образуется углекислый газ. Углекислотный флюид, поступая в камышловско-зайковский водоносный горизонт, преобразует регионально залегающие в пределах данного горизонта хлоридные натриевые среднеминерализованные воды, обогащая их углекислотой, гидрокарбонатной составляющей и рядом биологически активных компонентов.

Многолетние исследования ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора показывают, что минеральные воды основной зоны Шадринского месторождения, залегающие в пределах камышловско-зайковского водоносного горизонта верхнего мела, относятся к углекислым (CO_2 от 1,0 до 2,0 г/дм^3) хлоридно-гидрокарбонатным натриевым средне- и высокоминерализованным водам (М от 7,5 до 12,0 г/дм^3), подобным по своему составу минеральным водам типа «Ессентуки № 4», «Ессентуки№ 17». Из биологически активных компонентов, в Шадринских минеральных водах в бальнеологически значимых концентрациях содержатся двуокись углерода, метакремниевая кислота, в повышенных количествах присутствуют: ортоборная кислота, органические вещества, бром, йод и др.

Изменение гидрохимических типов Шадринских минеральных вод, в основном, обусловлено и находится в зависимости от путей поступления в продуктивный горизонт углекислотного флюида. Согласно исследованиям В.А. Фельдмана, Л.Ю. Рыбниковой, С.В. Палкина (1995); А.И. Вишняк, И.А. Четверкин (2009), сеть глубинных разломов, по которым возможно поступление углекислотного флюида, в пределах месторождения имеет субмеридиональную и субширотную ориентации. Разломы субмеридиональной ориентации проходят по западному флангу месторождения, а субширотные разломы приурочены к долинам рек Исеть и Барнева.В пределах месторождения выделяются 2 площади: Исетская и Барневская, расположенные соответственно севернее и южнее р. Исеть. По контуру Шадринское месторождение окаймлено переходными типами вод, а на удалении от него распространены регионально развитые хлоридные натриевые среднеминерализованные воды. Воздействие углекислотного флюида также проявляется в минеральных водах вышележащего палеоцен-нижнеэоценового водоносного горизонта. В скважинах, пройденных на данный водоносный горизонт, в контуре Шадринского месторождения минеральных вод, присутствует растворенный углекислый газ, содержание которого изменяется от 80 до 200 мг/ дм^3. В основном ионном составе вод, наряду с типичными для данного горизонта хлорид-ионами и катионами натрия, доминируют гидрокарбонат- и сульфат-ионы и катионы кальция и магния. В результате, в пределах палеоцен-нижнеэоценового водоносного горизонта развиты минеральные воды Кисловодского, Джавского и иных содовых гидрохимических типов. В скважинах, расположенных за контуром месторождения, содержание растворенного углекислого газа в палеоцен-нижнеэоценовом горизонте снижается до 8 мг/дм^3 и ниже и минеральные воды приобретают характерный для данного горизонта хлоридный натриевый тип с минерализацией от 1,5 до 2,5 г/дм^3.

Углекислые минеральные воды в районе г. Шадринска выявлены в 1970 г. при проведении в долине р. Исети разведочных работ на пресные подземные воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения. К настоящему времени, в результате разведочных работ по ряду участков месторождения, а также оценке его ресурсного потенциала (И.А.Четверкин и др., 2009 г.), общие запасы углекислых минеральных вод оцениваются в объеме до 622,2 м^3/сут, при дополнительных прогнозных ресурсах по категории P_1 339,7 м^3/сут.

Минеральные воды Шадринского месторождения используются в лечебно-питьевых целях и для наружного применения в санатории «Жемчужина Зауралья» ОАО «РЖД-ЗДОРОВЬЕ» и в лечебно-оздоровительном комплексе ООО «Рифей». Промышленный розлив Шадринских минеральных вод осуществляют ООО «Шадринский источник», ООО «Центр», санаторий «Жемчужина Зауралья» ОАО «РЖД-ЗДОРОВЬЕ» и ряд предприятий, расположенных в г. Екатеринбурге и г. Кургане.

К настоящему времени, в связи со снижением спроса на бутилированную минеральную питьевую воду, насыщением рынка данной продукции, укрупнением производств по промышленному розливу вод, ряд участков по добыче минеральных вод Шадринского месторождения прекратили свое существование. Ранее, в 1995-2005 гг. только в одном г. Шадринск насчитывалось до 50 заводов и линий розлива минеральной воды. Прекратили свое существование и аннулированы лицензии на пользование недрами по участкам Шадринского молочно-консервного комбината (скважина 319), Шадринского автоагрегатного завода (скважины 318 и 318д), Уралтрансгаза –участок «Восточный» (скважины 317 и 317д), Шадринского пищекомбината – участок «Северный» (скважины 304к, 304кр), ИП «Исматов» (скважина 306/2), «Ельничный» (скважина 4р.э.), «Погадайский» (скважина 12р.э.) и др. Существенным образом сократилась добыча минеральных вод на действующих участках, в результате чего большое количество ценных, уникальных минеральных вод сбрасывается без использования и загрязняет окружающую среду. Необходима целенаправленная государственная программа по санаторно-курортному развитию территории Шадринского месторождения минеральных вод, со строительством здесь крупного, многопрофильного регионального курорта; разработка системы налоговых льгот, льготных субсидий, снижение арендных платежей и иных мер, направленных на реализацию инвестиционных проектов развития месторождения, основанных на принципах государственно-частного партнерства.

Указанные неэксплуатируемые участки недропользования, отдельные бесхозные (скв. 12рэ) или плохо затампонированные скважины (скв. 306 и скв. 308), а также эксплуатационные скважины с нарушенной герметизацией обсадной колонны и межгоризонтной циркуляцией воды по затрубному пространству, пройденные на камышловско-зайковский водоносный горизонт, представляют опасность для ресурсов минеральных вод Шадринского месторождения.

Неконтролируемый самоизлив и скрытые межгоризонтные перетоки по вышеперечисленным скважинам приводят к истощению ресурсов углекислых минеральных вод, загрязнению поверхностных вод и увеличению минерализации палеоцен-нижнеэоценового горизонта, используемого для питьевого водоснабжения. Величина потерь углекислых минеральных вод через эти скважины соизмерима с современным эксплуатационным водоотбором, поэтому эта проблема требует незамедлительного решения. Все эти скважины должны быть дополнительно обследованы по специальной методике и проведена их ликвидация или реконструкция.

Острой проблемой охраны и рационального использования Шадринского месторождения является отсутствие удовлетворительной системы мониторинга. По большинству скважин недропользователи не ведут режимных наблюдений за напором минеральных вод, за количеством отбираемой и сбрасываемой без использования воды, количеством и составом спонтанно выделяющегося газа, химическим составом вод, или эти наблюдения осуществляются эпизодически. Между тем, мониторинг месторождения является основой для оценки балансовых запасов минеральных вод и прогноза трансформации подземной гидросферы.

На эксплуатационных участках месторождения практически полностью отсутствуют наблюдения за количеством и составом спонтанно выделяющегося газа. При этом, оценка запасов спонтанного углекислого газа является для недропользователей одним из основных лицензионных требований. Для этого необходимо проведение многолетних круглосуточных наблюдений за количеством спонтанно выделяющихся газов. Кроме того, для оценки запасов газов необходимо изучение их состава.

В связи с вступлением России в ВТО, вопрос о запасах природной углекислоты приобретает не только теоретическое, но и практическое, экономическое значение. В соответствии с международными (CAC/RCP 33-1985, CODEXSTAN 108-1981) и Европейскими (Директива 2009/54/EC) стандартами, а также последними требованиями Евразийского экономического союза (ТР ЕАЭС 044/2017), существенной модернизации подлежит процесс производства бутилированных минеральных питьевых вод [1, 2, 3, 4]. Большинство разливаемых в России углекислых минеральных вод перед розливом подвергается полной дегазации, а затем данные воды насыщаются искусственной углекислотой. В свою очередь, международные и европейские стандарты, разделяя газированные углекислотой воды на «воды с природным углекислым газом», «воды, дополнительно обогащенные углекислым газом из воды данного источника» и «воды, обогащенные искусственным углекислым газом», ориентируют производителя на максимальное сохранение в природных минеральных водах натурального, природного углекислого газа. Поэтому, запасы углекислого газа должны ставиться на баланс, учитываться при добыче минеральных вод и облагаться налогом на недра, что имеет важное экономическое значение.

До переоценки эксплуатационных запасов минеральных вод Шадринского месторождения необходимо наладить автоматизированную систему контроля водоотбора и давления в режиме реального времени.

Дальнейшее увеличение эксплуатационной нагрузки целесообразно осуществлять на трёх существующих и двух перспективных участках Барневской площади. В настоящее время ресурсы этой территории вообще не используются, и сложилась резкая диспропорция в эксплуатационной нагрузке между северным и южным флангами Шадринского месторождения минеральных вод. Наращивание эксплуатационной нагрузки на Исетской площади целесообразно только по высокодебитным скважинам № 315 и 319. Бурение новых скважин на Исетской площади необходимо запретить, так как это создаёт реальную угрозу герметичности камышловско-зайковского

водоносного горизонта и ресурсам углекислых минеральных вод. Скважины на Исетской площади следует бурить только взамен вышедших из строя и ликвидированных.

Для решения поставленных в докладе проблем охраны и рационального использования минеральных вод Шадринского месторождения необходима разработка проекта округа его горно-санитарной охраны, проекта единой для всего месторождения технологической схемы эксплуатации, а также государственной целевой программы по охране и санаторно-курортному освоению Шадринского месторождения углекислых минеральных вод.

Литература

1. Вода природная минеральная. Рекомендуемый международный Свод санитарно-гигиенических правил и норм по сбору, обработке и реализации: CAC/RCP 33-1985.
2. Стандарт кодекса на природные минеральные воды CODEXSTAN 108-1981.
3. Директива 2009/54/ЕС Европейского парламента и Совета от 18 июня 2009 по эксплуатации и маркетингу природных минеральных вод.
4. О безопасности упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду: ТР ЕАЭС 044/2017/: Технический регламент Евразийского экономического союза.

КОНЦЕПЦИЯ «УМНОГО ПОЛИГОНА» ГЛУБИННОГО ЗАХОРОНЕНИЯ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

М.Д. Носков[1], А.А. Щипков[1], О.Н.Кокорев[1,2], А.Е.Козлов[2]

[1]филиал «Северский» ФГУП «НО РАО», Коммунистический пр-т д.8, г. Северск, Томская обл. E-mail: ONKokorev@norao.ru
[2]СТИ НИЯУ МИФИ, Коммунистический пр-т д.65, г. Северск, Томская обл,

Инновационно-технологическое развитие предприятий атомной отрасли предусматривает информатизацию производства и внедрение интеллектуальных методов управления технологическими процессами.

В последнее время при рассмотрении инновационных технологий управления используется термин «умный промышленный комплекс» [3]. Основным признаком «умного промышленного комплекса» является внедрение информационных и интеллектуальных технологий по всей цепочке производственного цикла.

Концепция создания «умного полигона» выстроена, исходя из основной цели деятельности предприятия: повышение ядерной и радиационной безопасности захоронения жидких радиоактивных отходов (ЖРО). Достижение данной цели обеспечивается созданием системы эффективного информационного обеспечения управлением пунктов глубинного захоронения (ПГЗ) ЖРО, основанной на высокой степени автоматизации всех технологических операций.

Иерархия системы «умный полигон» содержит два уровня: уровень оперативного управления и уровень тактического управления (рис.1).

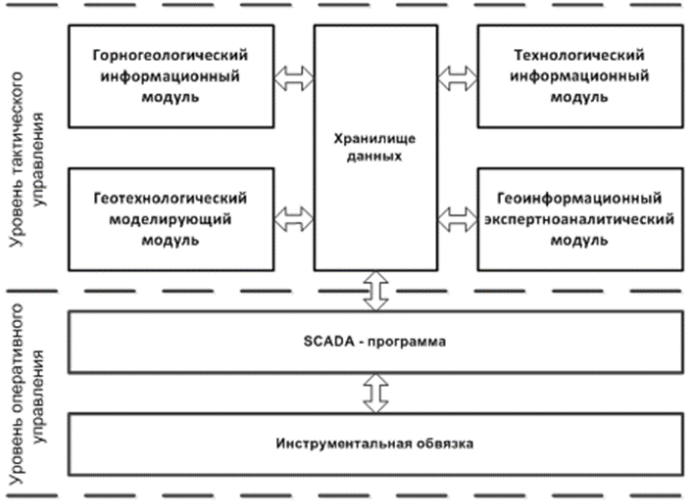


Рис. 1. Обобщенная схема построения системы «Умный полигон».

Данные мониторинга в автоматическом режиме формируют текущую базу данных параметров технологического процесса. Часть этих данных напрямую используется при автоматизированном управлении технологическим процессом. Для этого используется SCADA – пакет, который позволяет оперативно реагировать на сложившиеся ситуации в технологическом комплексе ПГЗ ЖРО (уровень оперативного управления). С точки зрения организации производства со SCADA–программой работает оперативный персонал, в функционал которого входит управление режимами закачки ЖРО в хранилище, реагирование на выход из строя технологического оборудования и на резкие изменения уровней пластовых вод в контрольных и наблюдательных скважинах.

Уровень тактического управления осуществляется на основе комплекса программного обеспечения, состоящего из нескольких программных модулей и хранилища данных, позволяющих оценить состояние полигона в текущий момент времени и на перспективу. Горно-геологический модуль позволяет собирать, обрабатывать и визуализировать информацию о состоянии геологической среды, а также строить геолого-математические модели. Весь объем информации, полученной в ходе функционирования модуля, хранится в базе геологических данных, входящей в состав хранилища данных комплекса. Технологический информационный модуль предназначен для сбора и обработки данных о работе ПГЗ ЖРО, а также результатах мониторинга состояния недр и подземных сооружений. Вся информация о движении растворов, работе скважин, состоянии пласта-коллектора заносится в базу технологических данных с привязкой к объектам цифровой модели полигона. Геотехнологический моделирующий модуль дает возможность проводить расчеты физико-химических процессов, определяющих изменение состояния пласта-коллектора и распространения загрязняющих веществ в подземных водах. Геоинформационный экспертно-аналитический модуль применяется для оценки и анализа результатов работы полигона глубинного захоронения, мониторинга и моделирования. Программный комплекс выполняет функции системы для поддержки принятия решений геотехнологов, гидрогеологов, геохимиков, руководителей предприятия. Это обеспечивается высокой степенью визуализации результатов моделирования, удобством поиска и предоставления данных о параметрах технологического процесса на основе анализа и контроля текущей ситуации, динамики состояний и прогнозов. Система формирует информацию о балансе и движении ЖРО, работе скважин, позволяет прогнозировать изменение состояния пласта-коллектора и возникновение потенциально опасных ситуаций. Это позволяет выработать рекомендации о повышении эффективности работы технологического оборудования полигона, планировать ресурсное обеспечение работы полигона, производить оценку техногенной нагрузки на объекты окружающей природной среды.

В рамках системы «Умный полигон» обеспечивается тесная взаимосвязь между уровнями оперативного и тактического управления. Сбор текущих данных от датчиков и оборудования инструментальной обвязки, происходящий в автоматическом режиме, позволяет формировать в рамках

SCADA-программы базу текущих данных, содержащую значения технологических параметров. Обработка этих параметров позволяет получать исходные данные для работы комплекса программ тактического уровня управления. Основываясь на актуальных параметрах, можно моделировать ход технологического процесса на полигоне в режиме реального времени.

Внедрение системы «Умный полигон» может идти поэтапно. На этапе создания программного комплекса необходимо создать интеллектуальную технологию, основанную на комплексном анализе геологических и геотехнологических данных на всех стадиях жизненного цикла предприятия, многовариантном моделировании физико-химических процессов в пласте-коллекторе, применении интеллектуальных систем для поддержки принятия решений [4-6].

Основными эффектами при реализации данного проекта являются:

- сокращение затрат на функционирование ПГЗ ЖРО за счет повышения эффективности обслуживания полигона;
- повышение безопасности работы полигона благодаря реализации системы удаленного мониторинга и управления в связке с экспертно-информационной системой, позволяющих оценить текущие процессы в пласте-коллекторе и спрогнозировать его состояние при различных сценариях действий персонала.

В ходе выполнения исследований по разработке концепции ИИС «Умный полигон» решены следующие задачи:

- разработана обобщенная структура системы;
- определен функционал модулей системы и принципы их взаимодействия;
- произведена оценка ожидаемых результатов внедрения проекта;
- структурированы этапы выполнения проекта и раскрыты их особенности.

Разработанная концепция ИИС «Умный полигон» может быть использована при построении опытных и промышленных образцов интеллектуальных информационных систем при модернизации ПГЗ ЖРО.

Литература

1. РГТМ-319-ф20-120-2015, Регламент мониторинга состояния недр и подземных сооружений пункта глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов филиала «Северский», -Северск, ФГУП «НО РАО», 2014
2. *Рыбальченко А.И., Пименов М.К., Костин П.П. и др.* Глубинное захоронение жидких радиоактивных отходов-М.ИздАТ,1994
3. *Гаричев, С. Н., Ерёмин, Н. А*. Технология управления в режиме реального времени. - М.: МФТИ, 2015 - 196 с. ил.
4. *Гуцул М.В., Кеслер А.Г., Носкова С.Н., Носков М.Д.* // Изв. вузов. Физика. – 2013. – Т. 56. – № 4/2. – С. 109-113.
5. *Бабкин А.С., Гуцул М.В., Кеслер А.Г. и др.* // Изв. вузов. Физика. – 2015. – Т. 58. – № 12/3. – С. 3-8.
6. *Истомин А.Д., Ладейщиков А.В., Лаптев Ю.И., Носков М.Д., Чеглоков А.А.*// Разведка и охрана недр. – 2016. – № 1. – С.22-26.

ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОД АРХЕЙСКОГО МАССИВА

А. Ю. Озерский

ОАО "Красноярская горно-геологическая компания". E-mail: ozerski@krasgeo.ru

Введение. В 2009-2015 гг. геологами ОАО "Красноярскгеология" при участии ряда научных и производственных организаций изучался Енисейский участок Нижне-Канского массива, предназначенный для глубинного захоронения радиоактивных отходов (РАО). Участок расположен в южной части Енисейского кряжа и приурочен к атамановской серии канского метаморфического комплекса раннего архея. Массив участка представлен гнейсами, пронизанными дайками долеритов и габбро-диабазов.

Образование основной массы этих пород происходило в условиях гранулитовой фации регионального метаморфизма.

Результаты оценочных работ получили положительную оценку Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых (ГКЗ) Роснедра, которая признала недра участка пригодными для опытного захоронения РАО.

В недрах массива планируется захоронение различных видов твердых отходов, при этом часть их относится к высокоактивным отходам (ВАО). Остеклованные ВАО характеризуются не только высокими значениями радиоактивности, но также и высокими значениями удельного тепловыделения, достигающего 1 кВт/м^3. С течением времени, по мере распада радионуклидов, энерговыделение остеклованных отходов будет постепенно снижаться [2].

Тем не менее, в первые годы после закладки в недра контейнеров с отходами температура в отходах и в окружающей горной среде может достичь значений, вызывающих некоторые термохимические изменения в породах и минералах. Эти изменения способны изменить проницаемость пород, а также их сорбционную емкость, что приведет к снижению их барьерных свойств.

Именно в связи с захоронением ВАО изучение теплофизических свойств приобретает особое значение. Породы с относительно высокой теплопроводностью способны отводить тепло от захораниваемых отходов, тогда как в породах с низкой теплопроводностью возникает риск перегрева и разрушения защитных свойств природных и инженерных барьеров [4].

К сожалению, существующие отечественные нормативные требования [7] не определяют критерии для теплофизических свойств горных пород на участках геологического захоронения РАО и не устанавливают для них нижний допустимый предел теплопроводности. Международные требования [10] только лишь говорят о необходимости изучения термических и термофизических свойств, но также не устанавливают нормативно приемлемых значений.

Многими исследователями признается, что экспериментальное определение теплопроводности горных пород является трудной задачей из-за того, что явление теплопереноса в пористых и полиминеральных средах зависит от очень многих факторов. Поэтому значения теплопроводности, измеренные различными авторами, нередко значительно (в 2-3 раза) отличаются для любого типа горной породы. Даже в пределах одной и той же горной породы теплопроводность может существенно изменяться в зависимости от минералогического состава [1].

В исследованиях начала второй половины XX в., когда широкое изучение теплофизических свойств пород в нашей стране только разворачивалось, теплопроводность гнейсов и основных изверженных пород была определена в интервале значений 2,2-3,1 Вт/м·К [5]. В справочнике физических свойств горных пород теплопроводность гнейсов (главным образом, с Балтийского щита) колебалась в интервале 2,43-3,06 Вт/м·К, а основных пород – в интервале 2,44-3,32 Вт/м·К [6].

Эти результаты хорошо корреспондируют с теплопроводностью отдельных породообразующих минералов, слагающих гнейсы и долериты (табл. 1), что объясняло полученные в XX веке значения теплопроводности пород.

Таблица 1

Теплопроводность некоторых породообразующих минералов, входящих в состав гнейсов и долеритов, а также воды и воздуха [9]

Минерал	Теплопроводность, Вт/м·К	Минерал	Теплопроводность, Вт/м·К
Ортоклаз	2,30 – 2,68	Хлорит	3,06
Микроклин	2,04	Рог. обманка	2,91
Альбит	2,34	Диопсид	4,21
Анортит	2,72	Энстатит	4,47
Биотит	0,52* … 3,14**	Вода	0,6
Мусковит	0,62* … 3,89**	Воздух	0,025

Примечание: * - перпендикулярно к спайности; **- параллельно спайности.

В начале 2000-х гг. теплофизические свойства массива изучались специалистами ОАО «ВНИПИпромтехнологии» в неглубоких скважинах, пробуренных на территории Енисейского участка. Глубина отбора проб не превысила 84,1 м. В 2011 г. ОАО "Красноярскгеология", изучая принципиальную пригодность участка для подземного строительства на поисковой стадии геологоразведочных работ, выполнила в лаборатории Физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова 5 анализов теплофизических свойств для проб из интервала глубин 253,3…543,7 м, близких к целевому интервалу захоронения РАО (табл. 2).

Анализ результатов предшествующих лет показал, что средние показатели теплофизических свойств, полученные в 2011 г. в основном статистически ниже, чем результаты начала 2000-х гг. Это обстоятельство было трудно

объяснить разной глубиной отбора проб, так как более монолитные образцы с большей глубины должны бы обладать бóльшими, а не меньшими значениями свойств. Невысокая достоверность результатов также подтверждалась небольшим количеством определений. Поэтому на оценочной стадии работ было принято решение выполнить дополнительное изучение тепловых свойств массива.

Таблица 2

Средние теплофизические свойства пород Енисейского участка по материалам предшественников

Теплопроводность, λ, Вт/м·К			Теплоемкость, C_p, Дж/кг·К			Температуро-проводность, а, 10^7 м^2/с		
18°С	100°С	200°С	18°С	100°С	200°С	18°С	100°С	200°С
ОАО «ВНИПИпромтехнологии», 9 проб, глубина до 84,1 м								
3,1±0,2	2,6±0,2	2,1±0,2	*789±11*	*899±11*	*980±0*	14,7±1	10,6±1	7,8±1
ОАО "Красноярскгеология", Лаборатория физфака МГУ, 5 проб, глубина 253,3…543,7 м								
2,7±0,3	2,3±0,3	2,1±0,2	*732±21*	*868±8*	*930±7*	14,0±1,7	10,5±1,6	8,9±1

Примечание: курсивом показаны значения, для которых не выполняется гипотеза о равенстве средних по t-критерию Стьюдента

Методика исследований. Для испытаний из керна трех скважин были отобраны 16 образцов, соответствующие глубинам от 253,2 до 513,2 м, из них 10 проб были представлены гнейсами, а остальные – долеритами. Из керна были выпилены прямоугольные плитки пород размерами 10×5×1 см. Испытаниям подвергались в воздушно-сухом состоянии данные блоки пород, а также составные блоки, размерами 10×10×1 см, составленные из двух плиток.

Лабораторно-аналитические исследования теплотехнических свойств грунтов проводились по ГОСТ 7076-99 в Аналитико-технологическом сертификационном испытательном центре ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт нерудных полезных ископаемых» (ФГУП «ЦНИИгеолнеруд») в г. Казани, являющимся специализированной организацией по испытаниям физических свойств нерудных полезных ископаемых Министерства природных ресурсов и экологии РФ.

При аналитических работах были определены два параметра: *теплопроводность* (λ, Вт/м·К) и *термическое сопротивление* (R, м^2·К/Вт). Экспериментальные значения термического сопротивления для данных пород получены впервые. Термическое сопротивление (R) характеризует сопротивление пород передаче тепла. Оно зависит от структуры материалов, их коэффициентов теплопроводности и их толщин. Значимых различий в результатах испытаний отдельных и составных блоков не было выявлено.

Результаты и их обсуждение. Полученные значения тепловых свойств показали существенное отличие новых данных от значений, полученных предшественниками, в большинстве определений они значительно ниже.

Средняя величина теплопроводности, как гнейсов, так и долеритов, равна 0,8 Вт/м·К (табл. 3). Такое значимое отличие от данных предшественников требует объяснения, так как от этого параметра будет зависеть термический режим в зоне хранения радиоактивных отходов.

По-видимому, причина расхождения новых данных с результатами предшественников заключается в методике выполнения анализов. Анализы предшественников были выполнены в лаборатории Физического факультета МГУ на нестандартном (авторском) оборудовании. Для анализов исследователи МГУ использовали цилиндрический блок («таблетку») изучаемой породы диаметром 2,5 см и высотой около 0,5 см. Объем исследуемой породы был равен примерно 2,5 см^3, масса – около 6 - 6,5 г. Такую «таблетку» возможно изготовить (выточить) только из монолитного куска керна, не содержащего ни одной трещины. Именно монолитный характер «таблеток», использовавшихся в анализах МГУ, обусловливает довольно высокую теплопроводность, близкую к теплопроводности породообразующих минералов.

Таблица 3

Результаты лабораторных определений теплопроводности и термического сопротивления

Породы	Минимум	Максимум	Среднее	Стандартное отклонение	Коэф. вариации
Теплопроводность λ, Вт/м·К					
Гнейс	0,402	1,565	0,796	0,390	0,5
Долерит	0,442	1,136	0,801	0,308	0,4
Термическое сопротивление R, м^2·К/Вт					
Гнейс	0,007	0,029	0,018	0,007	0,4
Долерит	0,009	0,028	0,016	0,008	0,5

В лаборатории ФГУП «ЦНИИгеолнеруд» используется промышленное сертифицированное оборудование, аккредитована и сама лаборатория. Для анализов использовались образцы, объем которых в 40(!) раз больше, чем в анализах Физфака МГУ. Из-за относительно больших размеров анализируемые плитки включали в себя трещины, поры, межзерновые интерстиции минеральных зерен, возникшие при образовании гнейсов. В них находился воздух, теплопроводность которого значительно ниже теплопроводности минералов (табл. 1). Воздух и вода, содержащиеся в порах и трещинах, приводят к снижению теплопроводности породы в целом [9].

Воздух имеет очень низкую теплопроводность (табл. 1), поэтому, чем больше размеры испытуемого образца и чем больше трещин он содержит, тем меньшее значение теплопроводности будет получено в результате испытаний.

Надо сказать, что полученные низкие значения теплопроводности в общем находят подтверждение в современных данных. К концу XX в., по мере накопления результатов испытаний, наблюдается изменение взглядов на теплопроводность метаморфических и изверженных пород. В справочнике

[8] указываются значения теплопроводности неизмененных гнейсов в интервале 0,94-4,9 Вт/м·К. Более широкий интервал значений теплопроводности для метаморфических пород приводится в монографии «Грунтоведение» [3] – 0,22-7,4 Вт/м·К.

В условиях подземного сооружения, где трещины, как правило, заполнены водой, а не воздухом, теплопроводность вмещающих пород, должна быть выше. Наши расчеты показывают, что она будет ниже теплопроводности минеральной фазы монолитных пород примерно на 10-15%.

Полученные результаты имеют предварительный характер, поэтому на данном этапе исследований преждевременно рекомендовать расчетные значения теплопроводности для оценки разогрева вмещающих пород от размещаемых высоко активных отходов. По нашему мнению, наиболее надежные данные могут быть получены при натурном определении теплопроводности в массиве.

Пространственное распределение теплопроводности характеризуется отсутствием зависимости этого показателя от глубины залегания пород (рис. 1). При этом хорошо видно, что по величине теплопроводности породы подразделяются на две группы: в первую входят породы с теплопроводностью от 0,4 до 0,6 Вт/м·К, а во вторую – с значениями 0,9…1,6 Вт/м·К.

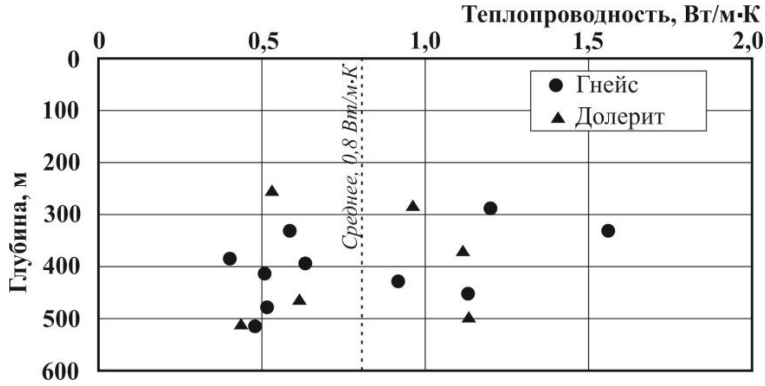


Рис. 1. Распределение значений теплопроводности по глубине.

Вероятно, породы первой группы обладают более высокой трещиноватостью или межзерновой пустотностью, вызванной низкотемпературным диафторезом массива. Вторая группа по-видимому представлена более монолитными породами. Обе группы не проявляют взаимосвязи с глубиной залегания и с петрографическим составом пород.

При этом не наблюдается различий тепловых свойств между гнейсами и долеритами, что было подтверждено статистическим анализом результатов по t-критерию Стьюдента и F-критерию Фишера. Это могло бы говорить о возможности объединения всех коренных пород массива в единый расчетный геологический элемент. Однако, на рис.1 видно, что среднее арифметическое значение 0,8 Вт/м·К не может быть принято как расчетное значение, так как

оно расположено вне группировок наблюдаемых результатов лабораторных испытаний.

Поэтому дифференциация значений на две различные группы по величине теплопроводности свидетельствует о наличии по меньшей мере двух инженерно-геологических элементов, не имеющих петрографического содержания.

Заключение. 1) Исследование теплофизических свойств массива архейских пород показало значительно меньшие значения теплопроводности (в среднем – 0,8 Вт/м·К), чем те, которые принимались в расчет ранее, при принятии решения о захоронения в массиве РАО (2,7-3,0 Вт/м·К). По-видимому, величина теплопроводности зависит не только от состава породы, но также и от метода анализа, размеров образца и наличия в нем трещин и пустот.

2) Полученные результаты имеют предварительный характер, поэтому на данном этапе исследований преждевременно рекомендовать расчетные значения теплопроводности для оценки разогрева вмещающих пород от размещаемых высоко активных отходов. Для получения достоверных значений теплопроводности необходимы дальнейшие исследования, при этом, по нашему мнению, наиболее надежные данные могут быть получены при натурном определении теплопроводности в массиве.

3) Основные петрографические разности пород в массиве (гнейсы и долериты) не имеют статистических различий в теплофизических свойствах, поскольку региональный метаморфизм, мигматизация и диафторез произошли позже внедрения даек долеритов. Породы массива можно относить к одному расчетному геологическому элементу.

4) В дальнейших исследованиях следует иметь в виду наблюдаемую дифференциацию массива на две группы по величине теплопроводности. Измерения теплофизических свойств рекомендуется сопровождать петрографическими исследования пород в шлифах, химическим силикатным анализом на породообразующие оксиды, измерениями газовой проницаемости, пористости и активной пористости.

Литература

1. *Абдулгатова З. З.* Теплопроводность сухих и флюидонасыщенных горных пород при высоких температурах и давлениях. Эксперимент и моделирование. Реф. канд. дисс. техн. наук.– Ин-т проблем геотермии Даг. НЦ РАН. – Махачкала, 2010 г. – 18 с.
2. *Андерсон Е. Б.* Подземная изоляция радиоактивных отходов / Е. Б. Андерсон, С. В. Белов, Е. Н. Камнев, И. Ю. Колесников, Н. Ф. Лобанов, В. Н. Морозов, В. Н. Татаринов. Под ред. В. Н. Морозова. – М.: Изд-во «Горная книга», 2011. – 592 с.
3. *Грунтоведение.* 6-е изд., перер. и дополн. Под ред. В.Т. Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – С. 395-405
4. Лаверов Н. П. Изоляция отработавших ядерных материалов: геолого-геохимические основы / Н. П. Лаверов, В. И. Величкин, Б. И. Омельяненко, С. В. Юдинцев, В. А. Петров, А. В. Бычков. – М.: ИГЕМ РАН; ИФЗ РАН, 2008. – 280 с.
5. *Ржевский В. В.* Основы физики горных пород: Учебник для вузов. – 4 е изд. / В.В. Ржевский, Г.Я. Новик. – М.: Недра, 1984. – 359 с.
6. *Справочник* (кадастр) физических свойств горных пород. Под ред. Н.В. Мельникова, В.В. Ржевского, М.М. Протодьяконова. – М.: Недра, 1975. – 279 с.
7. *Федеральные нормы* и правила в области использования атомной энергии. "Захоронение радиоактивных отходов. принципы, критерии и основные требования безопасности" (НП-055-14). Утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 22 августа 2014 г. № 379. – 54 с.
8. *Физические величины.* Справочник. А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина и др. Под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.
9. *Clauser C., Huenges E.* Thermal conductivity of rocks and minerals // Rocks physics and phase relations: A handbook of physical constants. Washington, DC, American Geophysical Union, 1995. – P. 105-126.
10. *Geological disposal* facilities for radioactive waste: specific safety guide. Vienna. – International Atomic Energy Agency, 2011. – 104 p.

ВЛИЯНИЕ НА ВОЗДУШНУЮ СРЕДУ РАБОТ ПО УВЕЛИЧЕНИЮ ВЫСОТЫ ОТВАЛА ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

А.Т. Оралова, Е.А. Цешковская, В.В. Матонин

Карагандинский государственный технический университет,
Казахстан, г.Караганда, б. Мира, 56. E-mail: oralovaat@rambler.ru

Центральная обогатительная фабрика расположена на Шерубай-Нуринском участке Карагандинского угольного бассейна. В административном отношении фабрика расположена в Абайском районе Карагандинской области в 6 км на северо-запад от автодороги Караганда-Абай, в 0,2 км к востоку от автодороги Караганда-Шахтинск. Ближайшим населенным пунктом к рассматриваемому объекту является поселок, расположенный в 3 км.

Отходы складируются в отвал. Максимальная высота отвала, рассчитанная по условиям устойчивости основания и массива самого отвала, может достигать 85,0 м, рекомендуемая максимальная ширина транспортной бермы 22,0 м, высота первого яруса - 26,0 м, второго - 31,0 м, третьего яруса - 28,0 м, угол откоса ярусов 35°. При этих размерах генеральный угол отвала 27°.

Площадь участка земельного отвода под отвал составляет 90,34 га. Площадь первого яруса составляет 85,34 га, площадь второго и третьего ярусов, соответственно, составляют 62,60 га и 34,15 га.

Изоляционные работы проводятся перегоревшими породами самого отвала и глиносодержащими породами, с объемным весом 1,80 т/м^3, из карьера, расположенного в 10,0 км от отвала.

В период 2017-2044 гг. на участок работ будет доставлено и уложено, с учетом коэффициента остаточного разрыхления, 1459,2 тыс. м^3 перегоревшей и глиносодержащей породы, а в период 2017-2027 гг. – 862,5 тыс. м^3 только перегоревшей породы.

Для транспортировки породных масс на отвал предусматриваются автосамосвалы типа HOWO A7 6x4, грузоподъемностью 25 т в количестве 5…6 единиц. Формирование отвала – бульдозерное. В качестве основного горного оборудования предусматривается применение двух бульдозеров на базе трактора Т-170. Отвальные работы включают в себя выгрузку породы из автосамосвала в зоне разгрузке и бульдозерные работы в зоне планировки. При разгрузке автосамосвала порядка 70% объема поступает непосредственно в откос яруса, а 30% объема пород перемещаются под откос бульдозером. Общая протяженность дорог от ЦОФ до места выгрузки и обратно составляет 8 км. Режим проведения транспортных работ – 8760 ч/год.

На транспортировке изоляционных пород от места их погрузки до отвала используются автосамосвалы типа КамАЗ-5511, грузоподъемностью – 10,0 т

в количестве 5…6 единиц. Погрузка пород в автотранспорт предусматривается экскаватором типа ЕК-400-05 (1,05 $м^3$). Дальность транспортировки составляет 2,0 км.

На период отвальных и изоляционных работ источниками выбросов загрязняющих веществ будут являться транспортные работы и породный отвал.

Во время работы ДВС автосамосвалов в атмосферу будут выделяться: оксид азота (IV), оксид азота (II), углерод, диоксид серы, оксид углерода, керосин. Выброс загрязняющих веществ будет происходить неорганизованно.

На породном отвале происходит выделение пыли неорганической: 70…20% диоксида кремния (шамот, цемент, пыль цементного производства - глина, глинистый сланец, доменный шлак, песок, клинкер, зола, кремнезем и др.) в процессе разгрузки породы, а также при сдувании с действующей поверхности отвала. Влажность породы после обогащения составляет более 10%. Выброс загрязняющего вещества в атмосферу будет происходить также не организованно.

Расчёт предельно-допустимого выброса для источников предприятия произведён по каждому ингредиенту, исходя из условия не превышения расчётной приземной концентрации, создаваемой всеми источниками предприятия на границе СЗЗ, величины ПДК $_{м.р.}$ [1].

Параметры источников выбросов загрязняющих веществ приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры источников выбросов загрязняющих веществ

Источники выделения загрязняющих веществ		Число часов работы в год	Наименование вещества	Выбросы загрязняющих веществ	
Наименование	Кол-во источ-ников			г/с	т/год
1	2	3	4	5	6
Погрузка породы в автосамосвал	1	8262	Пыль неорганическая	0,3692	10,7818
Транспортировка породы автосамосвалами	1	8760			
Разгрузка автосамосвалов и бульдозерные работы	1	8760	Пыль неорганическая	1,3254	25,6511
Сдувание с поверхности отвала	1	8760			

Источники выбросов являются неорганизованными.

На основании результатов расчетов составлена таблица загрязняющих атмосферу веществ, выбросы которых предложены в качестве нормативов для источников загрязнения атмосферы во время ведения отвальных и изоляционных работ на породном отвале в 2017 -2027 годах [2].

Таким образом, на период проведения отвальных и изоляционных работ планируется 2 неорганизованных источника выбросов. Всего в атмосферу будет выбрасываться 1 ингредиент – пыль неорганическая в количестве 36,4329 тонн (1,6946 г/с).

С целью снижения пылевыделения при движении автосамосвалов предусматривается полив автодорог. Полив территории в летний период позволит снизить выброс пыли неорганической и взвешенных веществ на 90%.

При соблюдении предлагаемых мероприятий высокий уровень негативного воздействия на атмосферный воздух не ожидается. Но несмотря на то, что рассеивание загрязняющих веществ при увеличении скорости ветра будет лучше, необходимо учесть, что скорость ветра с высотой увеличивается, следовательно, пыление может быть сильнее, что может повлечь за собой загрязнение атмосферы, а также земельных ресурсов, в результате оседания пылевых частиц и быть небезопасным для рядом находящейся автомобильной трассы.

Литература

1. «Методика определения нормативов эмиссий в окружающую среду», утвержденная Приказом Министра ООС РК от 16.04.2012 г. №110-о (с изменениями от 8.06.2016 г. №238)
2. РНД 211.2.01.01-97 Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Алматы, 1997.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОГНОЗОВ СОСТОЯНИЯ ОСОБО ОПАСНЫХ, ТЕХНИЧЕСКИ СЛОЖНЫХ И УНИКАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

И.В. Осика

АО «Институт Гидропроект», 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, дом 2.
E-mail:irvikos@gmail.com

В настоящее время значительный интерес для участников процесса управления жизненным циклом особо опасных, технически сложных и уникальных объектов представляет развитие технологий прогноза их состояния, а, следовательно, и прогноз возможных изменений основания сооружений. Системному развитию научных знаний в данном направлении препятствует раздробленность информации, а также специализация исследователей и недостаточное проявление интереса к системным научным поискам, в том числе отсутствие государственного интереса к вопросам системного развития теоретической базы инженерной геологии для создания на её основе прогрессивных отечественных научных разработок и практического их применения. Накопленные за десятилетия бурного развития промышленности инженерно-геологические знания фактически «заперты» в частных и государственных компаниях, являются коммерческой тайной и/или относятся к информации ограниченного доступа. [2,3]

В отсутствии равнопредставительности информации по различным направлениям практического применения инженерно-геологических знаний и дроблении системы научных знаний на локальные проблематики затруднены системный анализ, типизация и классификация новой информации, что в конечном итоге привело к замедлению развития теоретической базы инженерной геологии во всеобъемлющем понимании. Научные исследования становятся всё более конкретными, как правило, выполняются для решения локальных задач. С одной стороны, усиливается глубина проработки, что позволяет получать колоссальный объём знаний об инженерно-геологических условиях и управлении состоянием оснований сооружений. С другой стороны, эта информация не имеет системного выходного результата, необходимого для государственного стратегического планирования. Отсутствие возможности учитывать весь накопленный опыт тормозит научный прогресс и внедрение современных технологий (даже в случае их разработки на локальном предприятии) в строительную практику, поскольку внедрение и масштабирование новых технических решений и технологий на особо опасных, технически сложных и уникальных объектах требует апробации и внесения изменений в нормативно-технические документы.

Современные научные знания о влиянии инженерно-хозяйственной деятельности человека на изменения инженерно-геологических условий и геодинамического равновесия позволяют говорить о наличии безусловного

вклада эволюции инженерно-геологических условий в выявляемые отклонения прогнозных значений параметров сооружений и их оснований. Например, превышение критериальных значений осадки сооружений и характера поведения конструкций под воздействием динамических нагрузок, создаваемых объектом.

Достаточно широко представленные в различных источниках данные о специфике инженерно-геологических и инженерно-геодинамических процессов на территориях размещения особо опасных, технически сложных и уникальных объектов различного назначения, тем не менее, нуждаются в комплексном анализе и структурировании информации с точки зрения формирования базы научных знаний для прогноза эволюции инженерно-геологических условий.

Особое значение прогноз эволюции инженерно-геологических условий приобретает для объектов, возводимых с расчётом на длительный срок эксплуатации. На горизонте нескольких десятков лет расхождения между проектными значениями и реальными могут быть существенными, в том числе, начать играть определяющую роль во влиянии на устойчивость и целостность сооружений.

В практике отмечены случаи, когда значения критериев безопасности, назначаемые для различных диагностических показателей состояния особо опасных, технически сложных и уникальных объектов, выходят за пределы допустимых в процессе их эксплуатации. Но означает ли это наличие ошибок при расчёте критериев? Являются ли значения критериев неверными? Можно ли расширять границы критериальных значений без увеличения риска безопасности и надёжности эксплуатации объектов? Какой вклад в неточность прогноза изменения значений параметров состояния объектов на длительном интервале времени вносит эволюция инженерно-геологических условий? И главное, как рассчитать эволюционные изменения инженерно-геологических условий в параметрах, применяемых для оценки устойчивости, надёжности и безопасности эксплуатации объектов?

Природно-технические системы не являются статичными и в силу внутренних и внешних процессов постоянно подвергаются изменениям. Развитие компонент инженерно-геологических условий происходит не только гладко и непрерывно, но и скачкообразно и прерывисто, что определённым образом, как правило негативным, отражается на состоянии объектов. В зависимости от масштаба и сути изменений, возникают риски различного порядка, как для надёжности и устойчивости объектов, так и для территорий в зоне их влияния. Поскольку негативные сценарии развития событий, связанных с нарушением целостности особо опасных, технически сложных и уникальных объектов, реализуются стремительным образом, то предметом анализа становятся не столько события, сколько тенденции. Высокую практическую значимость приобретает фиксация не самих изменений, а их предвестников.[1]

На отклонение вектора эволюции инженерно-геологических условий от естественного указывает появление нетипичных для данной территории изменений необратимого характера.Причинами возникновения нетипичных

необратимых изменений инженерно-геологических условий является развитие нехарактерных инженерно-геодинамических и инженерно-геологических процессов, в том числе, с режимом, подчинённом режиму эксплуатации объекта.[1]

В условиях объективно неразрешимой проблемы раздробленности хранения информации, необходимой для создания единой системы оценки влияния техногенных нагрузок и воздействий на изменения инженерно-геологических условий, одной из фундаментальных задач инженерной геологии должна стать задача разработки саморазвивающейся системы прогноза эволюции инженерно-геологических условий, основанная на комплексировании разнокалиберных разнородных данных и создании методологии для получения вариативных сценариев состояния инженерно-геологической составляющей природно-технических систем в параметрах, применимых для проведения расчётов устойчивости, надёжной и безопасной эксплуатации объектов.

Саморазвивающаяся система прогноза эволюции инженерно-геологических условий должна отвечать понятию универсальности; иметь возможность применения для решения как масштабных, так и локальных задач; позволять исследователю-практику выгружать в систему данные о конкретной природно-технической системе и получать вариативный прогноз состояния инженерно-геологических условий на заданные моменты времени. На практике это позволит повысить качество разрабатываемых технических и технологических решений для управления состоянием природно-технических систем.

Этапами на пути создания саморазвивающейся системы, при помощи которой станет возможным прогноз эволюции инженерно-геологических условий, могут стать разработки по нескольким направлениям:

1. Разработка каталога предвестников необратимых изменений в природно-технических системах со значениями параметров для различных условий.
2. Разработка классификации изменений компонент инженерно-геологических условий по скоростям изменений параметров.
3. Разработка методики оценки масштабов изменений при различных сочетаниях нагрузок, воздействий и начальных инженерно-геологических условий.
4. Разработка методики оценки распространения влияния техногенных нагрузок и воздействий на компоненты инженерно-геологических условий по площади и глубине.[1]

Научные исследования и разработки в направлении создания универсальной системы прогноза эволюции инженерно-геологических условий имеют важное прикладное значение не только для обеспечения надёжности и безопасности особо опасных, технически сложных и уникальных объектов, но также несут стратегическую значимость для развития территорий Российской Федерации, составления экологических прогнозов и снижения негативного воздействия хозяйственной деятельности

на окружающую среду,прогноза техногенных опасностей и осуществления мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций.

В дальнейшем, при условии внесения всё новых данных в систему, её цифровизации и внедрении искусственных нейронных сетей, можно создать мощный аппарат для прогноза эволюции инженерно-геологических условий на обширных площадях при различных сценариях использования территорий. Таким образом, получить действенный инструмент планирования хозяйственного освоения территорий при соблюдении принципов устойчивого развития.

Литература

1. *Осика И.В.* Задачи развития инженерной геологии для повышения точности прогнозов. // Двенадцатая научно-техническая конференция «Гидроэнергетика. Гидротехника. Новые разработки и технологии». Тезисы докладов. СПб., ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 2018, с.154

2. *Осика И.В.*Перспективы развития инженерной геологии для практики гидроэнергетического и гидротехнического строительства. // Десятая научно-техническая конференция «Гидроэнергетика. Гидротехника. Новые разработки и технологии». Тезисы докладов. СПб., ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 2016, с.188

3. *Осика И.В.*Современные проблемы развития инженерной геологии и их влияние на решение прикладных задач //Одиннадцатая научно-техническая конференция «Гидроэнергетика. Гидротехника. Новые разработки и технологии». Тезисы докладов. СПб., ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 2017, с.190

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПРОДЛЕНИЯ ТРУДОВОГО ДОЛГОЛЕТИЯ НА ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

В.М. Панарин, Л.В. Кашинцева

Тульский государственный университет, 300600, г. Тула, пр. Ленина, д. 92.
E-mail: tulastra@mail.ru

В настоящее время в Российской Федерации действует национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 54934-2012 «Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья», полностью идентичный одноименному международному стандарту OHSAS 18001:2007. В соответствии с ним ущерб, нанесенный здоровью работника в результате несчастного случая или заболевания, обусловленных работой, – *это убыток предприятия, уменьшение прибыли* [1]. Таким образом, улучшение условий труда на предприятии является одним из базовых принципов, обеспечивающим экономический рост и высокую стабильной прибыли [2]. Понимая это, государство ежегодно инвестирует в охрану труда значительные средства, и, тем не менее, при суммарном финансировании мероприятий на охрану труда 755 млрд. рублей за период 2011-2014 гг. численность работающих во вредных условиях увеличилась на 4,41 млн. человек [3].

В настоящее время во вредных условиях труда работает более 40% трудоспособного населения. При этом в таких отраслях, как добыча полезных ископаемых, их доля, по официальным статистическим данным, превышает 55%, реально же составляет от 70 до 90%.

Это связано с тем, что на рабочих горной отрасли действует целый комплекс факторов производственной среды (шум, вибрация, пыль, неблагоприятный микроклимат, тяжесть и напряженность трудового процесса), уровни которых, как правило, превышают предельно-допустимые величины. В карьерах используют самоходное оборудование с дизельным приводом, в результате воздух рабочих зон загрязняется не только пылью разрабатываемых горных пород, но и компонентами выхлопных газов. Неблагоприятными также являются микроклиматические условия, которые характеризуются, как низкими, так и высокими температурами, высокой влажностью и различной, часто меняющейся, скоростью ветра. Для рабочих ряда профессий (машинисты экскаваторов, бульдозеров, самосвалов и других горных машин, и механизмов), кроме повышенной запыленности и загазованности, имеет место одновременное комбинированное воздействие шума, локальной, общей вибрации, тяжести и напряженности трудового процесса. Всё это создает условия для физиологических стрессовых перегрузок, работающих со стороны сердечно-сосудистой и нервной

системы, опорно-двигательного аппарата и выливается в рост профессиональной и общей заболеваемости.

Достоверно установлено, что с увеличением трудового стажа работающих во вредных условиях труда возникают необратимые изменения биологического возраста, приводящие к не диагностируемым болезням, которые со временем приводят к полному исчерпанию ресурсов здоровья [4]. В результате этого, в зависимости от профессии и трудового стажа, разница между паспортным и биологическим возрастом, находится в интервале от 2 до 10 лет. Тем не менее, при росте численности работающих во вредных условиях труда, ежегодно фиксируемые случаи профессиональной заболеваемости в России неуклонно снижаются (рис. 1) [5].

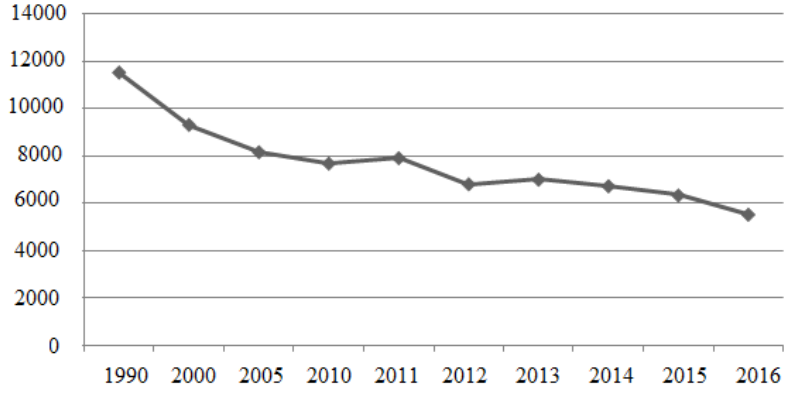


Рис. 1. Динамика профессиональной заболеваемости в России.

По экспертной оценке специалистов МОТ, эти данные занижены в 10-40 раз по сравнению с экономически развитыми странами.

Аналогичную ситуацию с профессиональной заболеваемостью можем наблюдать и в Тульской области. Так, при населении области 1,5 млн. человек и занятости около 500 тыс. в Тульской области ежегодно фиксируется порядка 14-20 профзаболеваний (табл. 1).

Таблица 1

Профессиональная заболеваемость в Тульской области

Годы	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
В абс. числах	88	95	52	47	30	28	28	20	21	14	11	21	14

При этом, полная утрата трудоспособности наблюдалась в 9 случаев из 11 в 2013 г. и в 14 случаев из 19 в 2014 г. Данный факт свидетельствует о неудовлетворительной диагностике профессиональной патологии на ранних стадиях. В результате уровень профессиональной заболеваемости среди

работающего населения Тульской области на 10 тыс. работающих значительно ниже аналогичного показателя по РФ: 0,4 по Тульской области против 1,4 по России в 2015 г. Хотя и показатель 1,4 на 10 тыс. работающих в РФ абсолютно не отражает истинной ситуации в стране и не соответствует состоянию условий труда, а бюджетные средства, перечисляемые на мероприятия по охране труда, не позволяют оценить изменение уровня профессионального здоровья.

При этом, у работающих во вредных условиях труда установлен рост общей заболеваемости. Известна методика выявления дополнительных случаев заболеваний с временной утратой трудоспособности (ЗВУТ) на предприятиях с вредными условиями труда [6]. С помощью этой методики на горно-перерабатывающем предприятии «Гурово-Бетон» были рассчитаны случаи дополнительной заболеваемости, вызванные работой во вредных условиях труда и вычислены потери рабочего времени в сменах (табл. 2).

Таблица 2

Потери рабочего времени, связанные с общей заболеваемостью, работающих во вредных условиях труда ОАО «Гурово-Бетон»

Год	Общее кол-во работников	Работающие в классе 3 (вредные условия труда), чел				Удельный вес работников в классе 3, %	Потери рабочего времени в %, при норме 2,5%	Потери рабочего времени по ЗВУТ, в сменах		
		3.1	3.2	3.3	Итого по классу 3			Допустимые	Реальные	Превышение
2014	204	38	49	76	163	80	3,1%	1260	1548	288
2015	161	23	44	76	143	89	4,4%	1000	1747	747
2016	159	21	85	-	108	68	3,8%	982	1494	512
2017	162	29	82	-	111	68	4,9%	988	1938	950

Из табл. 2 следует, что потери рабочего времени по ЗВУТ в 2017 г. составили 1938 смен, что почти в 2 раза превышает допустимые (988 смен). При этом на данном предприятии не было зафиксировано ни одного случая профессиональной заболеваемости за все годы его существования. И это не единственное горнопромышленное предприятие в отрасли. В Тульской области сосредоточена крупнейшая богатейшая минерально-сырьевая база: строительный пильный камень, щебень, песок, гипс, известь, керамическая глина и прочее (рис.2). Пески для бетона и силикатных изделий расположены в 38 месторождениях общим объемом 115,9 млн.м^3, известняк - в 47 месторождениях общим объемом 916,5 млн. м^3.

При этом крупнейшие горнопромышленные предприятия Тульской области полностью забыли, что обязаны выполнять законодательство РФ в части проведения периодических медицинских осмотров в центрах проф. патологии. За все годы своего существования, ими не был направлен в центр проф. патологии ни один работник. Поэтому сегодня мы не знаем истинной картины с профессиональной заболеваемостью, сложившейся на предприятиях горной отрасли.

Поэтому актуальной является разработка и научное обоснование *нового показателя***,** характеризующего объективную информацию о текущих и ожидаемых параметрах профессионального здоровья.

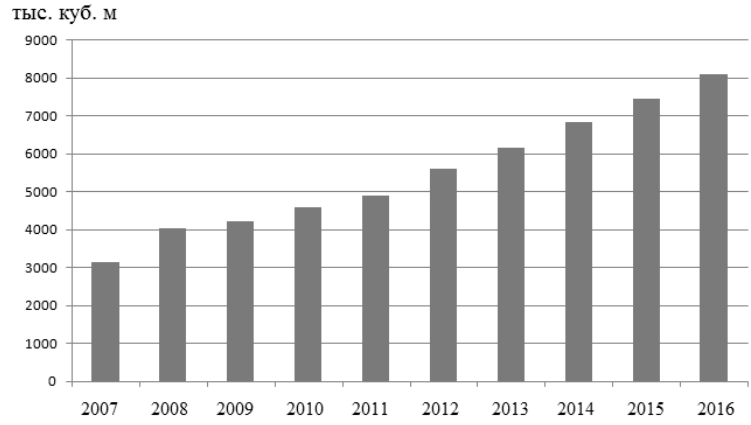


Рис.2. Объем производства в Тульском регионе нерудных строительных материалов, в том числе песка и щебня.

Таким показателем оценки вредного воздействия факторов производственной среды на работающих лиц, может служить ***продолжительность безопасного трудового стажа работы в годах.***

Научным базисом предлагаемой методологии является дозовый принцип гигиенического нормирования, который мировое медицинское сообщество заложило в качестве фундамента сохранения профессионального здоровья: «в случае непревышения гигиенических нормативов показателей производственной среды и трудового процесса, обеспечивается сохранение приемлемого обществом здоровья работников в течение всего трудового стажа» [7, 8].

Таким образом, количественные показатели безопасного трудового стажа являются прямыми индикаторами динамики изменения здоровья работающих во вредных условиях труда. В свою очередь, ***продолжительность безопасного трудового стажа работы*** в годах, в соответствии с законом Хабера, зависит от дозы вредного воздействия факторов производственной среды.

В идеальном случае, когда концентрации и уровни не превышают гигиенических нормативов, *оптимальный* трудовой стаж – $Т_О$ достигает 40 лет. Повышение концентраций и энергетических уровней приводит к тому, что безопасная доза «вырабатывается» за более короткий срок, т.е. фактическая продолжительность безопасного (допустимого) трудового стажа – $Т_Б$, будет меньше. Разница между оптимальным и безопасным трудовым

стажем ($Т_О$ – $Т_Б$) представляет абсолютный, количественной показатель ***неиспользованного потенциала безопасного стажа - НПБС.***

Например, показатель НПБС оператора, рассчитанный на основании данных специальной оценки условий труда, равен 30 годам. Это свидетельствует о том, что он может работать с минимальным риском для здоровья, в существующих условиях труда – не более 10 лет (40–10=30), то есть показатель НПБС составляет 30 лет или 75%.

В дальнейшем возможны два варианта развития событий.

Первый – *гуманный*: в этом случае, в целях сохранения здоровья работника предполагается его уход из профессии через 10 лет. При этом предприятие и общество теряет квалифицированного специалиста на 30 лет раньше срока, в течение которого можно было бы использовать его профессиональный потенциал. В соответствии с Трудовым Кодексом необходимо решить вопрос о его дальнейшем трудоустройстве, а также подготовить на его место полноценную замену, что в современных условиях растущего дефицита рабочей силы крайне проблематично. Однако, вновь обученный специалист через 10 лет по той же причине уйдет, и ему придется подбирать замену. Существующие вредные условия труда приведут к тому, что за один стажевый срок 40 лет на этом рабочем месте без ущерба для здоровья должны отработать 4 человека, каждый – только по 10 лет, вместо одного. Следовательно, в результате вредных условий труда на одном рабочем месте, государство теряет возможность использовать рабочий потенциал трех человек в других производствах.

В случае реализации **второго** – *рискового для здоровья* варианта, оператор продолжит работать в профессии до пенсии (если доработает). При этом неизбежны проблемы со здоровьем, которые будут давать предприятию дополнительные, различного вида социально-экономические издержки (сокращенный рабочий день, доплаты за вредные условия труда, дополнительный оплачиваемый отпуск, ЗВУТ, санаторно-курортное лечение и возможная инвалидизация и др.), которые со временем могут стать бременем и для семьи, и для государства.

Для расчета показателя НПБС разработан ряд компьютерных программ, которые предполагают многолетнюю систему наблюдений за процессом накопления «избыточных доз» вредного воздействия [9, 10]. Реализовать данный вид исследований возможно в виде персонифицированных электронных карт профессионального здоровья работников, на которых будут собраны данные о местах работы в течение жизни, и о воздействии факторов производственной среды и трудового процесса на разных рабочих местах.

Электронная карта профессионального здоровья имеет три основные функции:

1. идентификация работника и хранение данных о комплексных показателях здоровья;

2. сбор данных о текущем и предыдущем (на другом месте работы) воздействии факторов производственной среды и трудового процесса;

3. расчет доз вредного воздействия и показателя неиспользованного профессионального безопасного стажа, учет заболеваний, вызванных условиями труда (ЗВУТ).

В результате внедрения показателя НПБС на горнопромышленных предприятиях, можно дать количественную оценку присутствия вредных факторов по времени сокращения безопасного стажа работы. Грамотная организация рабочих мест с допустимыми условиями труда позволит исключить из финансово-экономического баланса предприятия издержки, обусловленные системой компенсаций и доплат за работу во вредных условиях труда, законодательно гарантированные работникам государством: сокращенный рабочий день, дополнительный оплачиваемый отпуск, доплаты за вредные условия труда, затраты на периодические медицинские осмотры. Такой подход позволит аккумулировать финансовые средства на решение целевой задачи – максимального увеличения продолжительности безопасного стажа работы минимизацией вредного воздействия на организм конкретного фактора. Таким образом, применение показателя НПБС направлено на решение конкретных задач охраны здоровья на уровне рабочего места и позволяет количественно оценить реальные временные потери трудового стажа работника и интегральный социально-экономический ущерб в масштабах предприятия.

Литература

1. ГОСТ Р 54934-2012 «Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья».
2. *Хрупачев А.Г., Хадарцев А.А., Кашинцева Л.В., Седова О.А*. Экономические аспекты охраны труда на основе количественной оценки профессионального риска // Региональная экономика: теория и практика. 2011. № 19. С. 22-28.
3. *Кирсанова Д.А.* Обзор динамики развитиям охраны труда на фоне реализации специальной оценки условий труда // Экономика. Социология и право. №5 2016 С. 89-93.
4. *Симонова Н.И., Денисов Э.И.* Отечественные и международные подходы к оценке и управлению профессиональными рисками. Законодательство Российской Федерации и нормативно-правовые акты, касающиеся профессионального риска. Актуальные проблемы «Медицины труда». Сборник трудов НИИ медицины труда / под ред.академика РАМН Н.Ф. Измерова. М: ООО Фирма «Реинфор», 2010. 416 с.
5. Здравоохранение в России – 2017. http://www.gks.ru/bgd/regl/b17_34/IssWWW.exe/Stg/06-20.doc
6. *Федорович Г.В.* Методы статистики ансамблей в эпидимеологии профзаболеваний // Безопасность и охрана труда. 2011. № 13. С. 71-75.
7. Руководство Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.
8. Руководство Р 2.2.1766-03. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки.
9. *Кабанов И.А., Кашинцева Л.В., Хадарцев А.А.* Разработка и внедрение социально-экономической концепции продления трудового долголетия на ООО «Кирпичный завод Браер» // Успехи современной науки. 2016. Т. 4. № 12. С.102-109.
10. *Кабанов И.А., Хадарцев А.А., Кашинцева Л.В.* Эффективность применения социально-экономической концепции продления трудового долголетия для целей управления охраной труда // Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки. 2017. № 1-1. С. 137-147.

ВОЗМОЖНОСТИ КОНВЕРГЕНЦИИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРЕДЕЛАХ СОЛЯНЫХ СТРУКТУР

В.П. Петрищев

Институт степи УрО РАН, Россия, Оренбург, ул.Пионерская, 11. E-mail: wadpetr@mail.ru

Соляная тектоника (галокинез) относится к числу важных геологических процессов, определяющих формирование разнообразных месторождений минеральных ресурсов. Собственно месторождения каменной соли при этом имеют относительно небольшое значение. Чаще всего соляные структуры сопровождаются нефтегазовыми залежами. В кепроках содержатся запасы гипса, серы, а также редких элементов. Разнообразны строительные материалы. В целом, в пределах солянокупольных поднятий разнообразие форм недропользования практически беспрецедентно [6].

Среди форм природопользования в пределах солянокупольных структур можно выделить следующие:

1) недропользование:

- добыча эвапоритов галогенно-сульфатной толщи (в т.ч. первичного кепрока);
- добыча гипсов, серы, углеводородов вторичного кепрока;
- добыча строительных материалов из надсолевых отложений;
- добыча углеводородов в подсолевых отложениях;

2) промышленное использование:

- размещение в соляных телах хранилищ природного газа и радиоактивных отходов;

3) туристско-рекреационное природопользование:

- рапное и грязевое лечение на карстовых и карьерных озерах, источниках высокоминерализованных вод;
- использование шахт в качестве туристических объектов;
- посещение уникальных природных геологических объектов, связанных с соляной тектоникой;
- историческая музеефикация горных разработок;

4) аграрное природопользование:

- локальные агрокластеры среди крупных массивов непригодных к сельскохозяйственному использованию земель;

5) природоохранное использование:

- формирование охраняемых природных территорий, ядром которых являются объекты солянокупольного происхождения.

Учитывая высокий уровень концентрации различных форм природопользования, показатели техногенной опасности в горнопромышленных районах, связанных с галокинезом, достаточно высок. Различного рода катастрофы и чрезвычайные ситуации, связанные с

недропользованием в пределах соляных структур, образуют внушительный список. По нашему мнению, существует две основные причины таких явлений. Во-первых, пороговая устойчивость соляных структур к техногенным воздействиям со стороны различных форм недропользования может переоцениваться. Свидетельством является попытка совместить шахтную добычу каменной соли с извлечением углеводородов на соляном куполе Джефферсон Айленд, которая привела сначала к исчезновению (21 ноября 1980 г), а позднее к коренной трансформации геосистем озера Пеньер в Луизиане (рис.1). К подобным результатам приводит попытка совместить в пределах месторождения несколько уровней добычи (исчезновение озера Развал в Соль-Илецке в 1979 г.) [2] или возникновение провала над куполом Наполеонвилль (3 августа 2012 г.) как результат чрезмерного выщелачивания соляного ядра при добыче и извлечении рассолов [5]. Во-вторых, существуют естественные причины, обусловленные активностью соляных структур, ростом их соляного ядра и воздействием климатических условий на его выщелачивание, особенно в пределах соляных структур, не защищенных отложениями «гипсовой шляпы». Данной точки зрения придерживаются американские геологи, описывающие карстовый провал над куполом Дайзетта, произошедший 7 мая 2008 г (рис.2) [7].

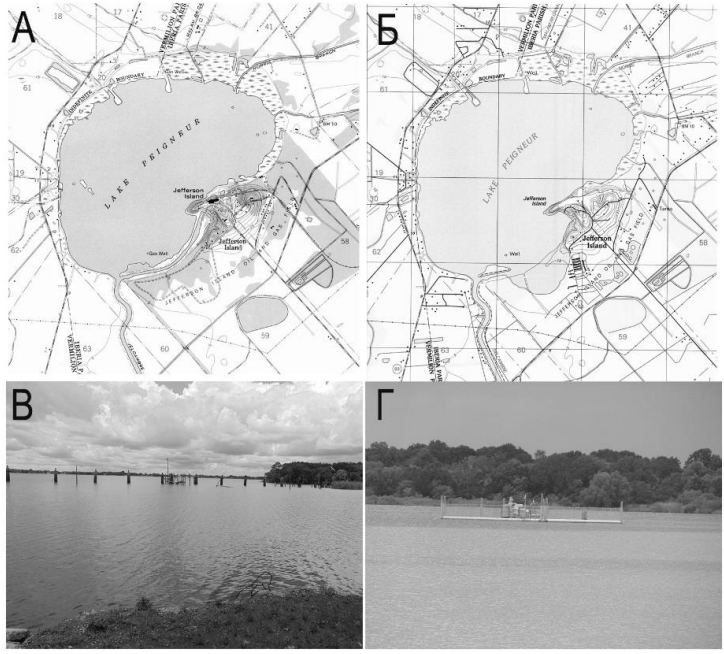


Рис. 1. Динамика контуров и недропользование на озере Пеньер (соляной купол Джефферсон Айленд, Луизиана): А – 1963 г.; Б – 1994 г.; В – вид на полуостров Джефферсон Айленд (август 2017 г.); Г – добыча нефти из недр под оз. Пеньер продолжается (август 2017 г).



Рис. 2. Карстовые процессы на соляном куполе Дайзетта (Техас): А – поверхность над соляным куполов в 1955 г.; Б - в 2018 г.; В – панорама карстового озера на северо-западной окраине купола в августе 2017 г.

Анализ последствий разнообразных катастроф и аварий, произошедших в последние 50 лет в пределах соляных структур показывает, что ландшафты, образованные с участием соляной тектоники, обладают высокой пластичностью и способны предлагать вместо утраченных в результате недропользования функций новые. Например, количество форм природопользования и степень использования ландшафтных комплексов соляных структур на побережье Мексиканского залива чрезвычайно велико. В условиях активного естественного дренирования заболоченных маршей, создаются условия для интенсивного сельского хозяйства [4]. Своеобразной параллелью является эффект рассоления почв, широко распространенный в пределах соляных куполов Прикаспийской низменности, ранее использовавшийся для развития богарного земледелия (Приэльтонье, равнины озера Челкар) [3].

В качестве способа реабилитации техногенно-нарушенных территорий в пределах развития соляной тектоники давно используются возможности развития рекреационной деятельности [1]. В условиях постиндустриализации в городах Европы развивается направление, связанное с использованием старых рудников и шахт для доступа многочисленных туристов (Величка, Польша; Кардона, Испания), а также музеефикация (Люнебург, Германия).

Очевидно, что основными направлениями гармонизации природопользования в пределах соляных структур могут являться:

- соответствие функциональных зон природопользования морфологической структуре ландшафта, т.е конвергенция природных рубежей и хозяйственных границ. Ландшафты, образованные галокинезом,

отличаются как сочетанием разнообразных и интенсивных экзогенных процессов, так и большим многообразием и пластичностью форм рельефа, сложной и разнообразной структурой. Это отвечает их высокому потенциалу в отношении совмещения различных форм природопользования (иногда противоречащих друг другу форм природопользования, как например, сочетание добычи самосадочной озерной соли Баскунчака с природоохранной деятельностью государственного заповедника «Богдинско-Баскунчакский»);

- компенсация утраченных функций ландшафта, например, прекращение или консервация недропользования, за счет усиления рекреационно-туристического или природоохранного использования (например, постиндустриализация соледобывающих городов ведет к повышению их туристического значения (Величка, Польша; Кардона, Испания; Турда и Прайд, Румыния; Люнебург, Германия);

- гармоничное сочетание природной и антропогенной составляющих геосистем, разработка уровневой системы управления ландшафтом (например, сочетание добычи соли, нефтепереработки с сельскохозяйственным использованием и туризмом в пределах соляного купола Эвери Айленд в Луизиане);

- оценка устойчивости ландшафтов соляных куполов к различного рода одиночным и комплексным воздействиям, определение возможных состояний ландшафта позволяет рассчитать допустимые антропогенные нагрузки и определить набор допустимых видов недропользования, в т.ч. повысив разнообразие возможностей использования ландшафта.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № №17-05-00514а).

Литература

1. *Абдрахманов А.Р.* Соленые озера Соль-Илецка/ А.Р. Абрахманов, И.В.Храмов. – Оренбург: Оренбургское книжное издательство им. Г.П.Донковцева, 2017. – 224 с.

2. *Никитин И.И., Русскин Г.А.* Образование и исчезновение озера Развал (г.Соль-Илецк) // Изд. Всесоюз. геогр. общ-ва, т.113, вып.2, 1981, с. 163-166.

3. *Николаев В.А., Копыл И.В., Пичугина Н.В.* Ландшафтный феномен солянокупольной тектоники в полупустынном Приэльтонье. Вестн. Моск. ун-та, сер. 5 "География", № 2, 1998, с. 35-39.

4. *Autin W.J.* Landscape evolution of the Five Islands of south Lousiana: scientific policy and salt dome utilization and management. //Geomorphology. 2002. - V.47. P.227-244.

5. *Jones, Cathleen & Blom, Ronald.* (2014). Bayou Corne, Louisiana, sinkhole: Precursory deformation measured by radar interferometry. Geology. № 42 (2). p.415-422.

6. *Kyle J.R., Posey H.H.* Halokinesis, cap rock development, and salt dome mineral resources. / Evaporites, Petroleum and Mineral Resources. Edited by J.L.Melvin. C.5. Elsevier, 1991. p.413-477.

7. *Paine J., Collins E., Wilson C., Buckley S.* Preliminary investigations of subsidence, collapse, and potential for continued growth of the Daisetta sinkhole, Liberty county, Texas. The University of Texas at Austin, Bureau of Economic Geology, 2009, 16 p.

ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРОЕКТОВ УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Л.Е. Подлипенская, Н.П. Кусайко

Донбасский государственный технический университет, 94204, ЛНР, г. Алчевск, пр. Ленина, 4.
E-mail: lida.podlipensky@gmail.com

Введение. Угольная промышленность Луганской Народной Республики в настоящее время является важным звеном в восстановлении и развитии промышленности региона. При этом эффективную работу предприятий в настоящее время осложняют как социально-экономические аспекты, так и экологические угрозы. Экономические проблемы, связанные с разрушением инфраструктуры в отдельных районах республики, массовое закрытие шахт, нарушение налаженных ранее экономических связей и др. привели к известной социальной напряженности ввиду значительного уменьшения рабочих мест, особенно связанных с традиционными для данного региона шахтерскими профессиями. Также остро встали экологические проблемы, которые и до 2014 г. были актуальны для техногенно нагруженной территории Донбасса, а в настоящее время с учетом сложной политической ситуации в Республике значительно усугубились.

Цель настоящей работы – рассмотреть некоторые аспекты экономического развития угольной отрасли ЛНР и оценить на примере новых инвестиционных проектов эколого-экономическую целесообразность их реализации в современных условиях.

В Республике ведется работа по юридическому оформлению предпринимательской деятельности в новых условиях. В 2016 г. создан Статистический реестр предприятий и организаций при Госкомстате ЛНР. Анализ данных Статреестра о количестве субъектов по виду экономической деятельности «Добывающая промышленность и разработка карьеров» показал заметную динамику роста (с 270 субъектов в апреле 2016 г. до 357 в ноябре 2018 г. [4]).

Происходят изменения, как в количественном составе субъектов предпринимательской деятельности, так и качественном. Из 6 государственных унитарных предприятий 4 осуществляют производственную деятельность, связанную с добычей углей: ГУП ЛНР «Центруголь», ГУП ЛНР «Донбассантрацит», ГУП ЛНР «Антрацит», ГУП ЛНР «Шахта «Ломоватская» (19 работающих угледобывающих филиала, из которых 17 работают в режиме добычи угля, 2 – в режиме жизнеобеспечения) [4].

Организовано предприятие ГУП ЛНР «Углереструктуризация», в число задач которой входит обеспечение экологической безопасности территорий горных отводов шахт; охрана неликвидированных горных выработок; ведение мониторинга уровней шахтных вод, газового мониторинга; ликвидация аварийных стволов и скважин.

В состав ГУП ЛНР «Углереструктуризация» входит 4 подземных водоотливных комплекса, 5 водоотливных комплексов с погружными насосами, 2 объекта в стадии подготовки к ликвидации (ТКП «Первомайская», шахта «Крепенская»), 3 объекта в режиме охраны объектов поверхностного комплекса (шахта «Голубовская», шахта «Перевальская», шахта им. 50-летия Советской Украины), 7 объектов группы газового контроля (ГГК шахты им. И.В. Чеснокова, ГГК шахты «Брянковская», ГГК шахты Анненская», ГГК шахты «Запорожская», ГГК шахты «Краснопольевская», ГГК шахты «Перевальская», ГГК шахты «Голубовская»)[4].

С целью стабилизации ситуации в отрасли Советом Министров Луганской Народной Республики 27.02.2017 на предприятиях-нерезидентах ПАО «Краснодонуголь», ООО ДТЭК «Свердловскантрацит», ООО ДТЭК «Ровенькиантрацит» введена временная администрация, имеющая исключительное право управления указанными предприятиями – ЗАО «Внешторгсервис», которое является основным импортером угольной продукции (свыше 45% от общего объема реализации продукции данной отрасли).

Уголь в топливно-энергетическом комплексе ЛНР занимает (и это сохранится в перспективе) ведущее место. Реальный путь частичного восполнения потери добычи – это привлечение частных инвестиций как для отработки запасов, находящихся в приствольных целиках, так и в зоне выходов под наносы угольных пластов, а также для строительства мелких по глубине (150-400 м) наклонных шахт малой мощности (от 50 до 150 тыс. т угля в год).

Программа социально-экономического развития Луганской Народной Республики на 2018 г. содержит в перечне планируемых инвестиционных проектов такие, как строительство нетиповой шахты «Интеграл-энерго № 1» по добыче и реализации угля на территории Свердловского района (16800 тыс.руб. небюджетных средств, срок окупаемости – 5-10 лет), открытие обогатительной фабрики по переработке горной массы «Масис 1» (150000 тыс. руб. инвестиций, срок окупаемости – 1 год) [4]. Подобных проектов предлагается немало, и для принятия решений важно оценивать и учитывать не только их экономическую эффективность, но и социальные, экологические и прочие аспекты.

Эколого-экономическая целесообразность реализации проекта.

Предлагается подход к эколого-экономической оценке реализации проектов по извлечению угля, ориентированный на небольшие объемы добычи, таких как построение шахт на малых глубинах на отработанных полях угольных шахт или переработка породных отвалов. Особенностью данного подхода является проведение оценки в условиях недостаточности данных и неопределенности в большей степени внешних условий реализации проекта, что может иметь место на данном этапе развития Республики.

В качестве примера построения эколого-экономической оценки возьмем проект строительства нетиповой (малой) шахты. Если сравнивать с крупными бизнес-проектами, строительство малых шахт не приносит больших

прибылей и в инфраструктуре региона при нормальных условиях не играет определяющую роль. Но в крайне сложных условиях ведения экономической деятельности в Луганской Народной Республике подобные проекты, особенно при массовом исполнении, могут значительно способствовать решению социально-экономических проблем региона.

В настоящее время осуществляется интенсивная подготовка к строительству нетиповых шахт по добыче и реализации угля, в частности, на территориях Свердловского, Антрацитовского районов; уже выполнено несколько проектов, некоторые из них запущены в производство.

Выполним оценку одного из проектов нетиповой шахты, сравнивая как социально-экономические выгоды, которые приносит проект, так и экологические аспекты. Проектом предусматривается строительство нетиповой шахты глубиной до 330 м с последующей отработкой запасов угольного пласта h_{11} на площади, выделенной в границах закрытой шахты «Наклонная» [6] .

Участок недр, на котором предполагается ведение горных работ, относится к площади участка закрытой шахты «Наклонная», входящего в состав поисково-оценочных работ по изучению угленосности свиты C_2. Он включает в себя площадь пласта h_{11} от выхода пласта на поверхность и до глубины 540 м, расположенную в окрестностях г. Свердловск (ЛНР). Отработка оцениваемого пласта будет производиться в благоприятных газовых условиях: метановыделений в выработки не ожидается. Пласты не склонны к самовозгоранию. Рельеф местности в пределах горного отвода степной, равнинный, подвержен эрозионному расчленению. К положительным факторам района размещения относится низкая сейсмичность (менее 6 баллов), отсутствие особоохраняемых природных объектов.

В орогидрографическом отношении выделенный участок расположен на южном склоне Главного Донецкого водораздела. Поверхность участка представляет собой слабовсхолмленную равнину с общим понижением к югу. Питание неглубоких балок осуществляется за счет подземных, сбросных шахтных вод, а также атмосферных осадков. Шахта «Наклонная» сбрасывала воды в водоток балки Киселева, которая является притоком речки Нагольная – бассейн реки Миус. Река Миус протекает по землям Ровеньковского городского совета, Свердловского и Антрацитовского районов ЛНР и далее по землям Российской Федерации.

Экономико-социальные аспекты проекта. Разведанные запасы угля 1561 тыс. т., марка угля – А. При проектной мощности шахты 52,0 тыс. т рядового угля в год, срок службы шахты составит 18 лет. Списочный состав трудящихся – 70 чел. Количество рабочих дней в году по шахте - 250, продолжительность рабочих смен на поверхности – 2 смены по 8 часов, продолжительность рабочих смен в шахте – 4 смены по 6 часов.

В экономическом отношении проектируемая шахта расположена в освоенном промышленном районе с развитой сетью автомобильных и железных дорог.

Положительным фактором является то, что организованы новые рабочие места, трудящиеся будут обеспечены всеми социальными гарантиями в соответствии с действующим законодательством ЛНР.

Экологические аспекты проекта. Выдаваемая из шахты в период строительства порода подается на поверхность и используется для планирования территории промплощадки (перепад высот составляет 5,0 м). Одним из наиболее эффективных мероприятий по снижению отрицательного воздействия шахты на геологическую среду является использование породы для закладки выработанного пространства. Предусматривается закладка породы от прохождения вентиляционных штреков в бутовую полосу лавы, закладка выработанного пространства возможна также при прохождении откаточных штреков нижележащих горизонтов. В период эксплуатации шахты порода от проведения подготовительных выработок используется для выкладки бутовых полос для охраны вентиляционных штреков.

Эти мероприятия способствуют сохранению природных ландшафтов, сокращению выбросов пыли в окружающую среду.

В районе отработки запасов шахты затопленных старых шахт нет. Старые разработки находятся ниже технических границ участков. Разрабатывать мероприятия по осушению шахтного поля не требуется.

Прогнозный средний приток воды в проектируемую шахту при полном развитии горных работ составит 58 $м^3$ /час, максимальный – 85 $м^3$ /час.

Основными источниками потенциального воздействия на окружающую среду шахты при ее нормальной эксплуатации являются: выбросы загрязняющих веществ от стационарных организованных и неорганизованных, а также передвижных источников; сброс сточных шахтных вод в поверхностные водоемы; места складирования производственных отходов. Оценки данных видов воздействий показали, что влияние предприятия на атмосферу, поверхностные и подземные воды с учетом ряда мероприятий по защите окружающей среды, будет несущественным, производственная деятельность проектируемой шахты не будет способствовать аккумуляции в значительных количествах загрязняющих веществ в почве и, следовательно, механические, водно-физические и другие ее свойства в сравнении с существующим положением изменятся незначительно.

Принята система разработки запасов на глубинах и в масштабах, исключающих возможность образования провалов и крупных трещин в горных породах. В связи с отсутствием в пределах горного отвода шахты меловых отложений карстовых проявлений в процессе эксплуатационных работ не будет. Оползневые явления также не прогнозируются, т.к. рыхлые осадочные породы лежат на практически горизонтальной поверхности карбона.

Возможное остаточное воздействие на геологическую среду – незначительные деформации вмещающих горных массивов. Способом, позволяющим уменьшить данный вид воздействия, служит применение камерной системы разработки с удержанием основной кровли на междукамерных целиках угля и закладка выработанного пространства

породой от проведения выработок. Зоны распространения возможных деформаций земной поверхности будут ограничены площадью очистных работ, и находятся в пределах горного отвода шахты. В процессе отработки запасов экологически опасных изменений в геологической среде не ожидается.

Таким образом, проектируемое производство на окружающую природную среду негативного воздействия не производит и отвечает требованиям действующего природоохранного законодательства.

Таблица 1

Эколого-экономический анализ целесообразности реализации проекта

	Социально-экономические аспекты [1]	**Экологические аспекты** [2]
Сильные стороны	- прибыль при реализации угля – 18 млрд. руб.; - новые рабочие места для жителей шахтных поселков (70 мест). **Скрытые эффекты** - сокращение расходов на поиски новых и разведку эксплуатируемых месторождений; - уменьшение платежей экологического налога за размещение отходов породы в связи отсутствием террикона на поверхности; - налоговые отчисления от деятельности предприятия позитивно повлияют на экономическую ситуацию региона и страны в целом; - обеспечение потребителей твердым топливом; - улучшение условий жизни населения.	- уменьшение санитарно-защитной зоны за счет отсутствия террикона на поверхности; - извлечение ценного компонента (угля) за счет рациональной доработки сырья в регионе; - уменьшение накопления отходов; - благоустройство местности за счет выравнивания территории и фитомелиорации нарушенных земель.
Слабые стороны	- возможность убытков при реализации производственной деятельности; - дополнительная нагрузка на автотранспортную систему района.	- воздействие на окружающую среду при строительстве и работе шахты. *Экологический налог* (суммарный) – 420 тыс. руб. - шум и вибрация от работы техники: превышение нормативов отсутствует.
Риск [3]	- риск чисто экономический – А; - риск с учетом нестабильности ситуации – неопределенный, скорее В.	- неканцерогенный риск: индекс опасности – 0,74 <1 (крайне мал); - канцерогенный риск: $0{,}314 \cdot 10^{-6} < 1 \cdot 10^{-6}$ (приемлемый).

[1] Оценки стоимостные выполнены ориентировочно на основании средней стоимости угля в регионе.

[2] Оценки экологических платежей сделаны по существующим нормативам [3] на основании ориентировочных расчетных объемов загрязняющих веществ и отходов производства.

[3] Оценки рисков в основном выполнены экспертным методом с градациями: А (низкий); В (средний); С (высокий). Социальный риск влияния планируемой деятельности на здоровье населения рассчитывался по стандартной методике [7] для канцерогенного и неканцерогенного эффектов.

Для эколого-экономической оценки целесообразности реализации проекта используем подход [2, 5], сочетающий количественные оценки и, в случае недостаточности фактических или расчетных данных, качественные характеристики, суть которого заключается в группировании факторов экономического, социального и экологического направления по группам с оценкой их сильных и слабых сторон в отношении рассматриваемого проекта, а также определением соответствующих рисков. Результаты представляются в виде матрицы (табл. 1), которая позволяет систематизировать имеющуюся информацию о сильных и слабых сторонах данного проекта, а также о потенциальных возможностях и угрозах в экологической сфере конкретного региона.

Анализ количественных и качественных оценок проекта нетиповой шахты, разрабатываемой на малых глубинах (табл. 1) показывает, что реализация данного проекта целесообразна экономически и приемлема с точки зрения воздействия на окружающую среду.

Несмотря на определенные социально-экономические риски, рассмотренный проект актуален для обеспечения потребителей высококачественным топливом, рационального использования земель, предоставления новых рабочих мест для жителей ближайших шахтерских поселков, снижение роста безработицы и социальной напряженности в регионе, вызванной ликвидацией ряда нерентабельных шахт. Реализация подобных проектов позволит привлечь негосударственные средства на создание новых рабочих мест в районе, где традиционно основной отраслью является угледобывающая и приведет к улучшению социальной и экономической ситуации в Свердловском районе.

Литература

1. Госкомстат ЛНР. Количество субъектов Статистического реестра предприятий и организаций (СРПО) по состоянию на 1 января 2017 года. Режим доступа: http://www.gkslnr.su/stat_info/statistcheskiy-reestr-predpriyatiy-i-organizaciy.
2. *Давиденко В.А., Подлипенская Л.Е., Хребтова Т.В.* Оценка рисков в районах разработки месторождений полезных ископаемых // Сергеевские чтения. Геоэкологическая безопасность разработки месторождений полезных ископаемых. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии в рамках Года экологии в России. Научный совет РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии / Отв. ред. В.И. Осипов. – 2017. – С. 96-101.
3. Закон Луганской Народной Республики «О налоговой системе» № 79-II от 28.12.15 (в редакции от 06.08.18).
4. Закон Луганской Народной Республики «О Программе социально-экономического развития Луганской Народной Республики на 2018 год» № 224-II от 03.04.2018.
5. *Лященко Ю.С., Подлипенская Л.Е.* SWOT-анализ в исследовании эколого-экономических аспектов комплексов по переработке породных отвалов // Инновационные перспективы Донбасса. Материалы 4-й Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 115-119.
6. Рабочий проект «Вскрытия, подготовки и отработки запасов угля по пласту h_{11} в границах закрытой шахты «Наклонная». – Алчевск, 2010. – 201 с.
7. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М. Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА

А.Н. Пыткин, Г.В. Клименков

Пермский филиал ФГБУН Институт экономики УрО РАН, г.Пермь 614046, ул. Барамзиной, 42/2. E-mail: kgv_perm@mail.ru

На реализацию стратегии развития региона направлена Программа развития региона (далее Программа), которая формируется на основе отраслевых целевых программ по направлениям жизнедеятельности региона.

Согласно существующим предпосылкам механизм экологической модернизации может и должен быть основой механизма реализации региональной программы охраны окружающей среды, а также сопутствующих региональных, федеральных, муниципальных целевых программ, корпоративных программ с точки зрения их экологической составляющей [1]. Тем самым обусловливается программно-целевая методологическая основа механизма экологической модернизации в модели экологической модернизации экономики региона. Модель, в данном случае, является схематическим представлением механизма экологической модернизации экономики региона, реализуемый в рамках Программы.

Механизм реализации Программы включает в себя:

1. Научно-методическое, информационное обеспечение и сопровождение мероприятий Программы, базовой основой которого являются:система показателей/индикаторов устойчивого развития региона;методика оценки воздействия Программы и программных мероприятий на состояние экосистемы региона в контексте устойчивого развития; система экологического прогнозирования, планирования и мониторинга региона; прикладные исследования и разработки, позволяющие получать своевременно и в достаточном объеме достоверную информацию о состоянии экосистемы региона.

2. Комплекс мероприятий Программы, состоящий из научно-исследовательских работ, производственно-технических проектов, проектов в области экологического воспитания и образования,общественных мероприятий,международных, всероссийских, отраслевых и ведомственных конференций, семинаров, выставок, позволяющих аккумулировать передовой опыт в сфере охраны окружающей среды и экологии, сопоставлять с передовым опыт региона, формировать экологический имидж региона.

Мероприятия Программы структурируются в рамках вопросов технической политики, реабилитации окружающей природной среды, медико-экологической реабилитации населения, совершенствования системы экологического воспитания и образования, совершенствования системы управления природоохранной деятельностью и развития регионального экологического законодательства.

3. Нормативно-правовое обеспечение и сопровождение Программы:

1) совершенствование системы управления природоохранной деятельностью, в том числе - внедрение региональных экологических нормативов, экологический аудит, экологическая сертификация, паспортизация экологически опасных технологий и производств, развитие институтов независимой общественной и судебной экологической экспертизы и др.;

2) разработка основ и внедрение в практику двух- и многосторонних договоров, общественных соглашений и протоколов основных групп в сфере экологии и охраны окружающей среды, в том числе:

а) Соглашение «О реализации Концепции экологической политики региона и мероприятий Программы охраны окружающей среды региона» и в его рамках: Протокол об охране воздушной среды региона; Протокол по охране водной среды региона; Протокол по охране земельных ресурсов региона; Протокол по сохранению биоразнообразия региона; Протокол по охране среды жизнедеятельности человека и качеству жизни населения региона; Протокол о независимой общественной и судебно-экологической экспертизе в регионе;

б) бассейновые соглашения;

в) региональные корпоративные инвестиционные соглашения по развитию экологической безопасности территорий;

г) договоры трипартизма о социальном партнерстве – ежегодные соглашения между органами государственной власти, объединениями работодателей, профсоюзами на региональном и местном уровнях с участием научной общественности, НПО, общественных экологических, религиозных организаций;

д) содействие внедрению в практику бизнеса и предпринимательства в Пермской области Социальной хартии российского бизнеса, принятой на XIV съезде Российского союза промышленников и предпринимателей 16 ноября 2004 г. (г. Москва).

3) развитие регионального экологического законодательства:Закон субъекта РФ «О техническом регулировании в сфере охраны окружающей среды»;Закон субъекта РФ «О саморегулируемых организациях в сфере охраны окружающей среды»;Закон субъекта РФ «Об общественной и судебной экологической экспертизе» и др.

4. Содействие эффективному использованию экологических ресурсов региона, разработке и продвижению экологической продукции, работ и услуг на внешнем и внутреннем рынках с привлечением необходимых финансовых ресурсов через, например, Региональное маркетинговое агентство экологической продукции, работ, услуг и экологического мониторинга.

Целью организации и функционирования Регионального маркетингового агентства экологической продукции, работ, услуг и экологического мониторинга является:

а) повышение эффективности использования потенциала региональной экологической инфраструктуры при производстве экологической продукции (работ, услуг);

б) конкурентоспособность региональной экологической инфраструктуры на рынке экологической продукции (работ, услуг);

в) повышение доходности региональной экологической инфраструктуры и ее элементов;

г) стабилизация доходности региональной экологической инфраструктуры и ее элементов;

д) определение минимальной доходности элементов региональной экологической инфраструктуры, при которой обеспечиваются минимальные обязательные платежи;

е) решение задач по регламентации региональной экологической инфраструктуры;

ж) обработка данных о состоянии экологической системы региона (экологический мониторинг) с целью разработки решений по оптимизации функционирования региональной экологической инфраструктуры.

Региональная экологическая инфраструктура - это управляемая подсистема экономики региона, выполняющая функции межотраслевого взаимодействия по обеспечению устойчивого развития региона в части экологии и экологической безопасности.

Для достижения этих целей определяются:

а) потенциал регионального рынка экологической продукции, работ и услуг,

б) организация использования экологического потенциала региона,

в) эффективность использования экологического потенциала региона, в т.ч. определение эффективности областных целевых программ в сфере экологии, эффективности использования средств регионального экологического фонда и т.п.

Под региональным экологическим маркетингом понимается совокупность и последовательность действий, которые приводят в соответствие процессы внутренней среды региональной экологической инфраструктуры с процессами внешней среды, с целью повышения доходности элементов и региональной экологической инфраструктуры в целом.

К данным о состоянии внешней среды региональной экологической инфраструктуры относится информация о профильной экологической продукции (работах, услугах), о конкурентах, о клиентах, о политике государства в сфере производства и реализации экологической продукции (работ, услуг) и др.

К внутренним данным относится информация об экологических, финансовых, трудовых, технологических, материальных, интеллектуальных ресурсах региональной экологической инфраструктуры, об организации и эффективности их использования, данные экологического мониторинга региона и его территориальных образований.

Анализ и сопоставление данных о внешней и внутренней среде позволяют регулировать деятельность региональной экологической инфраструктуры с целью повышения ее доходности. Чем эффективнее используется потенциал региональной экологической инфраструктуры, тем выше доходы региональной экологической инфраструктуры и ее элементов.

Анализ и сопоставление данных о внешней среде предполагают выявление потенциала региональной экологической инфраструктуры в части стабилизации и расширения клиентской базы в разрезе экологической продукции (работ, услуг).

Анализ и сопоставление данных о внутренней среде предполагают определение необходимого количества ресурсов для использования потенциальных возможностей рынка экологической продукции (работ, услуг).

Организация и функционирование региональной экологической инфраструктуры в совокупности с маркетингом экологической продукции (работ, услуг) позволит повысить доходность региональной экологической инфраструктуры в существующей конкурентной среде.

Технологическая схема маркетинга экологической продукции (работ, услуг) для достижения поставленных целей обеспечивает решение вышеуказанных задач в цепочке: данные - информация - знания - решения - действия - результат. Соотношение поставленной цели и достигнутого результата определяет эффективность деятельности.

Применительно к Региональному агентству маркетинга экологической продукции (работ, услуг) и экологического мониторинга технологическая схема представляет собой порядок движения информации: информация на входе (вид информации, источники информации, исполнители), информация в обработке (методика обработки, исполнители), информация на выходе (отчет, исполнители, получатели).

Целесообразность Регионального агентства маркетинга экологической продукции (работ, услуг) и экологического мониторинга как элемента механизма экологической модернизации экономики региона подтверждается опубликованными в 2005 г. результатами исследования «Заинтересованность домашних хозяйств России в повышении экологических стандартов» И.Ю. Блам, проведенным Институтом экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения РАН по проекту № 02-155 при поддержке Консорциума экономических исследований и образования [4].

Целью проекта был эмпирический анализ динамики желания домашних хозяйств России платить за лучшее качество экологических благ и услуг, а также «защитного» поведения (averting behavior) домашних хозяйств, направленного на снижение отрицательного воздействия загрязнения окружающей среды (загрязненного воздуха и питьевой воды низкого качества) в течение 1994-1998 гг.

Теоретической основой работы стала стандартная модель поведения потребителя, одним из аргументов функции полезности которой является переменная, описывающая качество окружающей природной среды. Для эмпирического анализа были использованы данные Российского мониторинга экономического положения и здоровья населения (RLMS). Дана оценка результатов регрессионного анализа.

Актуальность проведенного исследования обусловлена тем, что в настоящее время в России органы управления различного уровня столкнулись с проблемой финансирования природоохранной деятельности. В

стране, возможно, сформировались группы населения, готовые платить за улучшение качества потребляемых экологических благ и услуг. Но до сих пор не существует количественных оценок потенциального участия населения в финансировании экологической политики, так же как и механизма формирования спроса домашних хозяйств на высококачественные товары и услуги, поставляемые окружающей природной средой.

Вышеизложенные подходы позволяют ассоциировать задачи и порядок их решения в рамках модели экологической модернизации экономики региона, представленной на рис.1. Данная модель ориентирована на совершенствование существующего механизма управления природоохранной деятельностью региона в контексте экологической модернизации экономики региона с использованием программно-целевого метода.

В модели учтены требования концепции устойчивого развития, объединяющие сбалансированные между собой социальную, экологическую, экономическую и институциональную составляющие развития региона. В модели учтено взаимодополнение целевых региональных, федеральных, муниципальных и корпоративных программ, оказывающих влияние на устойчивое развитие региона. Модель отражает многоаспектный учет количественных и качественных изменений в процессе реализации мероприятий программы.

Результаты выполнения программы и программных мероприятий комплексно оцениваются с точки зрения их воздействия на устойчивое развитие региона и отражаются согласно Международным рекомендациям для открытой отчетности по устойчивому развитию.

Рис. 1. Модель экологической модернизации экономики региона.

Литература

1. Федеральный закон от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ «Градостроительный кодекс Российской Федерации».

2. Распоряжение Правительства РФ от 25 октября 2005 г. № 1789-р «Концепция административной реформы в Российской Федерации в 2006 – 2008 годах и план мероприятий по проведению административной реформы в Российской Федерации в 2006 – 2008 годах».

3. *Алексеев М.А.* Устойчивое развитие: моделирование эколого-экономического взаимодействия: Дис. канд. экон. наук / Рос.акад. наук. Сиб. отдел. Ин-т экономики и организации промышленного производства. Новосибирск, 2000.

4. *Блам И.Ю.* Заинтересованность домашних хозяйств России в повышении экологических стандартов. Москва: EERC, 2005.

5. Газпром и современная экополитика. М.: ИРЦ Газпром, 1999.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИРОВОГО ОПЫТА ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

А.И. Семячков[1,2], В.А. Почечун[1], А.А. Кошельник[1], Гао Жун[2]

[1]ФГБОУ ВО Уральский государственный горный университет. E-mail: a.semyachkov@mail.ru
[2]ФГБУН Институт экономики УрО РАН

В процессе развития общества постоянно возникают противоречия между возрастающими общественными потребностями и ограниченными возможностями биосферы, природных ресурсов, а также развивается зависимость состояния окружающей среды от темпов экономического роста [2].

Темпы экономического роста и экологическая ситуация имеют тесную взаимосвязь. Так, спад производства в 1990-е годы прошлого столетия привел к сокращению выбросов предприятий и некоторому улучшению экологической ситуации.

Затраты на охрану окружающей среды могут приводить к торможению экономического роста. В свою очередь, необходимость охраны окружающей среды предполагает создание новых видов экономической активности, способствует образованию экологически ориентированных служб и фирм. Таким образом, экологическое и экономическое благополучие находится в единстве и тесной взаимосвязи. Экономика и экология должны определять уровень рационального природопользования.

При рассмотрении экономического аспекта взаимодействия природы и общества ключевой категорией является природопользование, под которым понимается выражение экономических отношений, возникающих в процессе вовлечения природных ресурсов в хозяйственный оборот, включающее воспроизводство и охрану окружающей среды. Процесс природопользования следует рассматривать как комплекс форм использования природно-ресурсного потенциала и мер по его сохранению.

Однако в настоящее время, анализ техногенного воздействия предприятий, например, горнопромышленного комплекса на окружающую среду, показал, что оно носит многофакторный и многосредовой характер, и пределы его воздействия зачастую превышают пределы не только горного, но и земельного отводов (табл. 1).

При этом необходимо учитывать, что воздействие происходит, начиная с проведения геологоразведочных работ, и продолжается в период постмайнинга, когда процесс разработки месторождения заканчивается, и предприятие ликвидируется [3].

Таблица 1

Виды и результаты воздействия горнодобывающего предприятия на окружающую среду и характер их последствий [3]

Элементы биосферы	Виды воздействия	Масштабы воздействия	Результаты воздействия	Последствия
Атмосфера	Газообразование на основе выбросов в атмосферу твердых веществ, вредных газов в результате деятельности горнодобывающих предприятий	Общий радиус загрязнения воздушного бассейна при отработке месторождения составляет от 1,5—3 до 12 км	Загрязнение, ухудшение химического состава атмосферного воздуха	Ухудшение условий жизни человека, животного и растительного мира (лесной, степной и водной флоры и фауны)
Гидросфера	Сброс сточных и дренажных вод, забор технической воды. Ликвидация и перенос водоемов	Общая площадь водонарушения за счет депрессионной воронки достигает 250 тыс.га при отработке месторождений	Загрязнение водного бассейна, поверхностных и подземных вод, изменение гидродинамического режима	Снижение качества питьевой воды, ухудшение условий жизни человека, заболоченность почв и осушение территорий
Земельные ресурсы	Строительство карьера, рудника, размещение отвалов горных пород, нарушение ландшафта местности	В целом по России карьеры, разрезы и прииски занимают площадь 1,5 млн га	Изъятие земель из сельскохозяйственного оборота, нарушение ландшафта местности, образование зон обрушения	Снижение урожайности, продуктивности и уменьшение площади сельскохозяйственных угодий, снижение прироста лесной массы
Недра	Создание техногенных возвышенностей и образование пустот	Потери полезного ископаемого при добыче достигают 30—40%. Техногенные пустоты недр достигают более 600000 тыс.м^3 при отработке месторождения	Нарушение напряженно-деформированного состояния массива, потери и снижение качества полезного ископаемого, формирование техногенных пустот	Истощение минерально-сырьевых ресурсов, образование горных ударов, проседание поверхности, провалы

Финансово-экономическая деятельность, связанная с рыночными аспектами экономической деятельности предприятия, определение экономического ущерба от загрязнения окружающей среды и осуществление платежей за природопользование и загрязнение окружающей среды представлено в таблице 2 [1].

Использование представленных мер позволит осуществить баланс между решением социально-экономических проблем и сохранением окружающей среды во благо нынешних и следующих поколений.

Таблица 2

Система экономического регулирования природопользования и природоохранной деятельности в развитых странах

Экономический механизм	Экономические инструменты	Способы формирования системы экономического регулирования
Система финансирования природоохранной деятельности		
Система бюджетов государственного, регионального и местного уровней	Платежи за природные ресурсы и загрязнение природной среды Штрафы за сверхнормативное и нерациональное использование природных ресурсов, за нарушение природоохранного законодательства	Законодательная и правоохранительная деятельность соответствующих государственных институтов Создание экспертных советов, экологических банков
Система природоохранных фондов Местные экологические фонды Благотворительные фонды Экологические фонды Общественные экологические фонды	Отчисления от прибыли, добровольные взносы и пожертвования Средства от собственной деятельности Международные субсидии Страховые взносы предприятий, добровольные взносы граждан и другие источники	Создание общественных советов фондов Разработка и развитие нормативно-правовой базы для формирования рынка экологических услуг, механизма взаимодействия природоохранных органов с рыночными структурами Создание индустрии охраны природы с использованием потенциала малого и среднего бизнеса
Банковская система Экологический банк Страховой банк Средства фирм, компаний	Амортизационные накопления от ускоренной амортизации природоохранных основных фонов Отчисления предприятий от прибыли	Организация рыночных структур, оказывающих услуги предприятию и населению

Система платного природопользования		
Платежи за пользование природными ресурсами	Платежи за право пользования природными ресурсами Платежи с целью восстановления и охраны природных ресурсов Штрафные платежи за сверхнормативное использование природных ресурсов	Разработка нормативно-методологической и правовой документации Мониторинг природных ресурсов Создание единых баз данных Введение лицензирования на право пользования природными ресурсами
Платежи за загрязнение природной среды	Платежи в соответствии с допустимыми нормами (стандартами) загрязнения и за размещение отходов Административные платежи (за содержание систем контроля за загрязнением) Платежи за продукцию, загрязняющую при производстве и(или) потреблении окружающую среду Штрафные платежи за сверхнормативное загрязнение природной среды Продажа лицензий («прав на загрязнение»)	Совершенствование системы нормирования Совершенствование законодательной базы Организация мониторинга выбросов загрязняющих веществ и состояния природной среды Создание системы экологической регламентации природопользования Введение фиксированных платежей для предприятий, не имеющих выбросов
Система стимулирования природоохранной деятельности		
Налогообложение		Стимулирование экологического предпринимательства, в том числе за счет льготного налогообложения Создание специальных экологических фондов Совершенствование законодательной базы Совершенствование системы государственного контроля
Льготное	Уменьшение налогооблагаемой прибыли, направляемой в благотворительные и иные экологические фонды Внедрение системы «налог-залог» Льготное налогообложение предприятий, выпускающих экологически чистую продукцию, а также выпускаемую с применением безотходных и прогрессивных технологий и с использованием альтернативных источников энергии	
Повышенное	Повышенное	

	налогообложение за выпуск экологически опасной продукции, выпускаемой с применением экологически опасных технологий Повышенное налогообложение за размещение производств на рекреационных территориях	
Кредитная политика	Предоставление фирмам льготных кредитов Уменьшение ставок налога на доходы банков при льготном финансировании	
Ценообразование	Установление цен учетом платности природопользования и экологичности продукции	

Литература

1. *Березовский П.В.* Управление природопользованием и природоохранной деятельностью (зарубежный опыт) /Санкт-Петербургский государственный горный институт. СПб, 2008. – 50 с.
2. *Лукьянчиков Н.Н., Потравный И.М.* Экономика и организация природопользования: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению 521600 «Экономика» / - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. – 591 с.
3. *Семячков А.И., Славиковская Ю.О., Почечун В.А.*Методические особенности оценки экономического ущерба от неблагоприятных экологических последствий в условиях территорий с развитым горнопромышленным комплексом // Экология и промышленность России 2018. Т. 22. № 4. С. 46–51.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕГЕНЕРАЦИИ ЗАКОЛЬМАТИРОВАННЫХ СКВАЖИН НА ОСНОВЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ

А.А. Цымбалов

ООО ГК «Архимед»,410028, г. Саратов, ул. Рабочая, д.10.
E-mail: arhimed64@mail.ru.

Мировое сообщество на современном уровне технологического развития, достигло критического уровня, когда необходимо эффективно решать проблему соблюдения баланса между поддержанием экологической безопасности и использованием природной среды для улучшения условий существования человека. Важную роль в реализации данной стратегии имеют наилучшие доступные технологии с экологической направленностью [5]. Академик В.И.Осипов считает, что такие технологии должны основываться на адаптационном принципе природопользования [2], где человек адаптируется к изменениям природных процессов и не провоцирует создание их негативных последствий.

Цель работы: рассмотреть регенерацию закольматированных скважин с эколого-экономических позиций и показать эффективность инновационных проектов в виде интегрального экономического эффекта.

В последнее время исследованиям по разработке увеличения жизненного цикла скважинных водозаборов уделяется большое внимание, т.к. обеспечение водой промышленных и гражданских объектов считается одной из стратегических задач нашего государства. Практика эксплуатации скважин показывает снижение их производительности с течением времени. Причина заключается в кольматации околоскважинного пространства коллекторной зоны [7]. Восстановление дебита скважин осуществляется процессом регенерации данной зоны. Одной из перспективных технологий регенерации является технология ВИГДОС-СИЦА [4]. Рассмотрим эколого-экономические аспекты регенерации скважин.

Согласно экологического принципу регенерация подземных источников водопотребления состоит в том, что участок геологической среды закольматированной скважины считается невосстанавливаемым и потерянной частью природы. Если учесть, что водоносные территории локальны и не повсеместны, то оставляя такой участок геологической среды как невосстановленный, будущее поколение людей будет иметь территориальный дефицит установки источников воды.

Требуется уже в настоящее время прекратить расматривать строительство и эксплуатацию скважинных водозаборов с природно-потребительских позиций. Для ведения хозяйственной деятельности подземные воды повсеместно используют не как жизнеобеспечивающий ресурс Земли. Производя бурение земной коры и установив скважинный водозабор, в

котором в процессе эксплуатации наступает кольматация околоскважинной зоны, скважину не восстанавливают, а перестают эксплуатировать и бурят новую на короткий жизненный цикл до наступления нового процесса кольматации.

Необходимо перейти от экстенсивных природопотребительских функций к природопользованию интенсивно-экологической направленности. Последнее определяет переход на основе инновационных технологий от изъятия ресурсов Земли и снижения их запасов к рациональному использованию природных ресурсов с сохранением природной среды с минимальным ее преобразованием и деградацией.

Автором разработана и внедрена инновационная технология ВИГДОС-СИЦА отвечающая указанным экологическим требованиям по природопользованию. ВИГДОС-СИЦА, во-первых, восстанавливает гидрогеологический режим системы «пласт-скважина», а, во-вторых, утилизирует кольматационный осадок, что позволяет осуществлять безотходные процессы [4,6].

Экономический принцип регенерации закольматированных скважин технологией ВИГДОС-СИЦА основан на инновационных режимах, технологических и конструктивных решений на стадии выбора проекта ремонтно-восстановительных работ (РВР) с предварительной оценкой рисков положительного результата.

Следует отметить, что в советский и постсоветский период регенерация закольматированных скважин рассматривалась как промежуточный этап поддержания амортизационного срока эксплуатации, что заканчивалось ее списанием с баланса предприятия и постановкой на ее место вновь пробуренной скважины.

С появлением наилучших доступных технологий РВР в России стало возможным продлить жизненный цикл скважины, подвергнутой кольматации, без бурения новой [5, 6]. На примере технологии ВИГДОС-СИЦА можно утверждать: изначально инновация решила техническую проблему, возникающую в закольматированных водозаборных скважинах, а ее практическое применение позволило получить не только экономический, но и экологический эффект в области рационального использования ресурсов.

Практика ООО ГК «Архимед» использования технологии ВИГДОС-СИЦА на РВР закольматированных скважин в слабоводоносных и условно водоносных комплексах (Саратовская область) показала обеспечение производительности восстановленных скважин от 3-х до 10-ти раз сроком (3-7) лет. Такая производительность одной скважины равнозначна бурению новых скважин взамен восстановленных в таком же соответствии, т.е. (3-10) скважин и выше.

Рассмотрим положительные стороны технических результатов полученных технологией ВИГДОС-СИЦА.

Согласно нормам зон санитарной охраны, каждой скважине требуется минимально выделенный земельный участок с ограждением. Применяя различные методики расчета по оценке эффективности инвестиционных проектов [2], получаем, что экономическая выгода получается от

неприобретения (покупки) земли под бурение новых скважин, с помощью которых удалось бы обеспечить объект высокой производительностью (по факту этого добились технологией ВИГДОС-СИЦА), и последующих налогообложений.

Как альтернатива получения повышенной производительности существующих закольматированных скважин есть вариант у недропользователя пробурить новую скважину на напорный горизонт (при его наличии) с большей глубиной. Целесообразность строительства такой скважины требует расчетов и обоснования технико-экономических показателей инвестиционного проекта и оценки воздействия этой деятельности на окружающую среду.

Отсутствие нормативно-технической документации и методик расчета экономического эффекта для РВР закольматированных скважин инновационного периода развития экономики России диктует выработку определенных правил их проведения. Наиболее приемлемым будет оценка эффективности инвестиционных проектов научных разработок и исследований в виде интегрального экономического эффекта сформированного суммой коммерческого, бюджетного эффектов, дохода физических лиц, участвующих в создании инноваций и производстве продукции на их базе, и экологического эффекта по следующей формуле:

$$Э_0 = Э_1 + Э_2 + Э_3 + Э_4 ,$$

где: $Э_0$ - интегральный экономический эффект, руб.;

$Э_1$ - коммерческий эффект, руб.;

$Э_2$ - бюджетный эффект, руб.;

$Э_3$ - эффект использования человеческого капитала, руб.;

$Э_4$ - экологический эффект (предотвращенный ущерб, наносимый окружающей среде), руб.

Выводы:

1. Технологический уровень современного общества должен развиваться на основе механизма рационального природопользования с созданием комфортных условий проживания человека, не провоцируя негативных последствий.

2. Интегральный экономический эффект от использования результатов технологии ВИГДОС – СИЦА ™ по восстановлению закольматированных водозаборных скважин включает: коммерческий эффект как воспроизводство капитала, бюджетный эффект как воспроизводство бюджетных средств, эффект использования человеческого капитала в виде воспроизводства рабочей силы, экологический эффект как воспроизводство природных ресурсов и окружающей среды.

Работа выполнена в соответствии с Программой НИР ГК «Архимед» Arh.№ ТЭР-R 642012-0001.000 «Исследование процессов кольматации околоскважинной среды и разработка методов декольматации водозаборных скважин» [3].

Литература

1. *Осипов В.И.* Адаптационный принцип природопользования в условиях глобального изменения климата // Анализ, прогноз и управление природными рисками в современном мире: сб. науч. тр. РАН, ИГЭ РАН, ВНИИ ГОЧС (ФЦ) по материалам 10-ой межд. науч.-практ. конф. «Геориск-2018» в 2-х т., т.1. М.: РУДН, 2018.С.7-12

2.Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов: (вторая редакция) / М-во экон.РФ, М-во фин.РФ, ГК по стр., архит. и жил. политике; рук. авт. кол. В.В.Косов, В.Н.Лившиц, А.Г.Шахназаров. М.: Изд-во Экономика, 2000. 421с.

3. Приоритетные НИР: Темы инновационных направлений научно-исследовательских работ ООО ГК «Архимед [Электронный ресурс] / А.А.Цымбалов.2018.Режим доступа URL: http://doktorsc.ru/index.php/prioritetnye-nir (дата обращения 20.11.2018).

4.*Цымбалов А.А.* Межремонтный период регенерации водозаборных скважин // Водоснабжение и санитарная техника.2017.№10.С.20-25.

5.*Цымбалов А.А.* Методика и практика сбора, утилизации, переработки кольматационного осадка из скважин // Сергеевские чтения. Обращение с отходами: задачи геоэкологии и инженерной геологии: материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Вып.20.М.:РУДН, 2018. С.151-158.

6.*Цымбалов А.А*. Методические подходы к оценке и управлению риском кольматации околоскважинных зон методом ВИГДОС-СИЦА // Анализ, прогноз и управление природными рисками в современном мире: сб. науч. тр. РАН, ИГЭ РАН, ВНИИ ГОЧС (ФЦ) по материалам 10-ой межд. науч.-практ. конф. «Геориск-2018» в 2-х т., т.2.М.: РУДН, 2018. С.162-167.

7.*Цымбалов А.А.* Формирование закольматированных зон в околоскважинной водонасыщенной среде [Электронный ресурс] // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: сб. науч. тр. СО РАН, ИПРЭК СО РАН, ИНГГ СО РАН по материалам III всерос. науч. конф. с межд. уч. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2018.С.198-200. Режим доступа URL: http://inrec.sbras.ru/IIIconfWR2018/assets/гот_сб_окон.pdf (дата обращения 20.11.2018).

ПЕРСПЕКТИВА ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВИГДОС-СИЦА В МОДЕЛЬ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

А.А. Цымбалов

ООО ГК «Архимед»,410028, г. Саратов, ул. Рабочая, д.10.
E-mail: arhimed64@mail.ru

Проблема устойчивого развития общества обозначена ООН (1972 г.) и приобрела концептуальный характер в 1992 г. Правительством России в 1996 г. был принят документ «Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию», в рамках которого предложено рациональное использование развития территориальных образований с соблюдением условий эволюционного развития природы. По анализу российских специалистов такой подход сформирует основные черты устойчивого развития обновленной России с высоким уровнем инновационного производства и минимальным экологическим риском для жизни человека [1, 4].

Целью работы является обоснование внедрения технологии ВИГДОС-СИЦА в модель устойчивого развития региона (горнопромышленной, агропромышленной и другой направленности).

Задача построения системной модели развития территорий и поселений регионов РФ в режиме устойчивого развития является на современном этапе составной частью системы национальной безопасности России. Эта задача многогранная и решение ее предусматривает этапность развития. С одной стороны, развитие новой территории должно осуществляться без экологических нагрузок на природу и быть оптимальным для жизни человека, с другой стороны, требуется вводить корректировку моделирования перспективы ситуации устойчивого развития на основе технологического подхода. Использование технологического подхода совершенствует модель устойчивого развития по мере создания, развития, формирования новых знаний. Создание автором нового знания в теории декольматации скважин позволило на практике внедрить экологическую технологию ВИГДОС-СИЦА в Саратовской области [6, 8].

Устойчивое развитие региона следует рассматривать как территориальную природно-техническую, многослойную и динамичную систему с оконтуренным пространством, взаимодействующую в условиях фазовых переходов граничных зон с другими территориями региона или мирового сообщества. Поэтому предел устойчивости территориальной природно-технической системы определяется координатами ее границ, не превышающих допустимый максимум и не снижающихся к допустимому минимуму.

Компонентами устойчивого развития территории (горнопромышленной, агропромышленной и другой направленности) являются следующие элементы (таблица): производственные, экологические, экономические, социальные. Рассмотрим применимость технологии ВИГДОС-СИЦА в каждом направлении.

Технология ВИГДОС-СИЦА позволяет возвращать работоспособность закольматированной водозаборной скважине, а не бурить новую, на протяжении жизненного цикла ее эксплуатации, только пролонгируя его.

Таблица

Вклад технологии ВИГДОС-СИЦА в комплекс устойчивого развития региона

№ п/п	Наименование направлений устойчивого развития региона	Описание результата преобразования устойчивого развития региона технологией ВИГДОС-СИЦА
1.	Производственный	Обеспечение отраслей промышленности водой из скважин, подвергнутых кольматации и снизивших свою производительность. Влияние воды на технико-экономические показатели производства продукции.
2.	Экологический	Сохранение природно-ресурсного потенциала не загрязнением окружающей среды не пробуренными новыми скважинами, а восстановленными, которые ранее были закольматированными и выведены из эксплуатации. Кольматационный осадок из скважин утилизируется по биотехнологической схеме с получением товарного продукта [7].
3.	Экономический	Эффект за счет обеспечения непрерывного цикла рабочего процесса отраслей промышленности водой из восстановленных закольматированных скважин, а не вновь пробуренных [5].
4.	Социальный	Повышение уровня и качества жизни населения исходя из обеспечения производственного и экономического роста. Воспроизводство человеческих ресурсов в связи с сохранением чистоты окружающей среды.

Производственное направление развития территории ориентировано на развитие всех ее отраслей. Вода в структуре производства является одним из ведущих элементов, сокращение ресурса которого снижает производственный потенциал территории, и может отразиться на ее устойчивости.

Более 60% территории РФ полностью задействованы под добычу подземных вод для промышленных нужд на основе скважинных водозаборов. Поддержание производительности таких подземных источников - это главная задача недропользователей территории.

Практика ООО ГК «Архимед» в применении технологии ВИГДОС-СИЦА на территории Саратовской области показывает, что закольматированные скважины можно восстанавливать до проектного уровня, а при дальнейшем соблюдении технической политики эксплуатации, ведения планового технического обслуживания сооружения достичь производительности выше проектной [3].

Экологическое направление развития территории связано с мерами обеспечения эффективности природопользования и осуществления воспроизводства природных ресурсов для будущих поколений.

Технология ВИГДОС-СИЦА направлена на разработку комплекса мер по внедрению экологических мероприятий. Применение технологии ВИГДОС-СИЦА на всех уровнях хозяйственной деятельности территории улучшает экологическую ситуацию и, в целом, смягчает вектор напряженности региональной экологической проблемы из-за того, что вместо бурения новой скважины старая скважина продолжает работать.

Процесс бурения скважин сопряжен с экологической нагрузкой. Использование технологии ВИГДОС-СИЦА минимизирует остаточную экологическую нагрузку уже пробуренной скважины и улучшает состояние околоскважинной гидрогеологической среды. При восстановлении скважин технологией ВИГДОС-СИЦА соблюдаются мероприятия экологизации, по которым кольматационный осадок утилизируется и перерабатывается в новый товарный продукт [8]. Поэтому технология ВИГДОС-СИЦА позиционируется как экологическая технология.

Экономическое направление развития территории предусматривает комплекс мер и мероприятий, направленных на обеспечение устойчивого роста и эффективности производства всех отраслей, сбалансированного развития производственного потенциала региона. Уровень роста экономики территории зависит от развития применимости в производственных процессах прорывных технологий.

Процесс расчета экономической эффективности на производственных объектах скважинных водозаборов с восстановленной производительностью после полной их кольматации рассмотрен в работе [5].

Социальное направление предполагает формирование повышенного уровня и качества жизни населения, воспроизводство человеческих ресурсов, обеспечение физической и экономической доступности продуктов питания, сохранении культуры и традиций региона.

Регулярное применение технологии ВИГДОС-СИЦА осуществляет водообеспечение отраслей территории, способствует обеспечению темпов развития промышленности и ее высокого уровня экономического роста. Это отражается на улучшении качества жизни населения территорий (жилье, питании, здравоохранении, образовании), чистоте окружающей среды.

Выводы:

1. Компонентами устойчивого развития территории, в том числе горнопромышленной, агропромышленной и другой направленности, являются производственные, экологические, экономические и социальные элементы.

2. Применение технологии ВИГДОС-СИЦА на всех уровнях хозяйственной деятельности региона способно улучшить экологическую ситуацию и ослабить вектор напряженности экологической проблемы.

3.Практика использования экологизации в технологии ВИГДОС-СИЦА на закольматированных скважинах Саратовской области рекомендуется к применению в других регионах РФ для разработки стандартов организаций, регламентов и отраслевых нормативно-технических документов.

Работа выполнена в соответствии с Программой НИР ГК «Архимед» Arh.№ ТЭР-R 642012-0001.000 «Исследование процессов кольматации околоскважинной среды и разработка методов декольматации водозаборных скважин» [2].

Литература

1. *Делия В.П.* Развитие экономического механизма рационального природопользования в условиях перехода к инновационной экономике: автореферат дисс… д-ра экон. наук. 08.00.05. (ВИЭМС).М. 2012.50с.

2. Приоритетные НИР: Темы инновационных направлений научно-исследовательских работ ООО ГК «Архимед [Электронный ресурс] / А.А.Цымбалов.М.2018.Режим доступа URL: http://doktorsc.ru/index.php/prioritetnye-nir (дата обращения 20.11.2018).

3. Техническая политика и технический уровень эксплуатационной готовности скважинных водозаборов на примере района перспективного развития Волгоградской области: сайт ООО ГК «Архимед, «Доктор скважин регион» (г.Волгоград) [Электронный ресурс] /А.А.Цымбалов, Е.А.Лимонова. М.2018.Режим доступа URL: http://volgograd.vashdom.ru/browse4109775-tehnicheskaya-politika-i-tehnicheskii-uroven.htm (дата обращения 20.11.2018).

4. *Цымбалов А.А.* Здоровье человека на основе принципов «sustainable development» // Гигиена, экология и риски здоровью в условиях современного производства: сб. науч. тр. Сарат. НИИСГ Роспотребнадзора. Саратов: Амирит, 2018.С.161-164.

5.*Цымбалов А.А.* Межремонтный период регенерации водозаборных скважин // Водоснабжение и санитарная техника.2017.№10.С.20-25.

6.*Цымбалов А.А.* Методические подходы к консолидации теории декольматации околоскважинных сред в техническое знание // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона: сб. науч. тр. Сарат. гос. техн. ун-та в 2-х т., т.2. № 2(10). Саратов: СГТУ, 2018. С. 9-14.

7. *Цымбалов А.А.* Регламентация экологизации методов регенерации закольматированных скважин // Сергеевские чтения. Обращение с отходами: задачи геоэкологии и инженерной геологии: материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Вып.20.М.:РУДН, 2018.С.51-55.

8. *Цымбалов А.А.* Экологизация регенерации скважин сельскохозяйственного водоснабжения методом ВИГДОС-СИЦА из состояния отложенного риска кольматации // Гигиена, экология и риски здоровью в условиях современного производства: сб. науч. тр. Сарат. НИИСГ Роспотребнадзора. Саратов: Амирит, 2018.С.174-176.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШАХТНЫХ ВОД КАК ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В.И. Черных

ГОУ ВПО «Луганский национальный университет им. В. Даля»
91034 г. Луганск, кв. Молодежный, 20а. E-mail: VicCher@yandex.ru

На значительной площади Донецкого бассейна подземные воды частично или полностью дренированы горными выработками, поэтому водоснабжение населения и промышленности питьевой и технической водой осуществлялось из разных источников. В Донецкий области - за счет поверхностных вод канала Днепр-Донбасс, а в Луганской области - за счет подземных вод реки Северский Донец, по 50-100-километровым водогонам. Основные денежные затраты на эксплуатацию многокилометровых систем водоснабжения несут промышленные предприятия и угольные шахты. Местные водозаборы имели подчиненное значение.

Спад промышленного производства и закрытие угольных шахт привело к резкому снижению финансирования внешних водогонов. Поэтому в настоящее в качестве альтернативного источника водоснабжения рассматривается шахтный водоотлив. Пример использования подземных вод закрытых шахт Донбасса уже имеется. Во многих районах шахтные воды были одним из основных источников формирования запасов водохранилищ, которые широко использовались для технического водоснабжения.

Плановое закрытие свыше 100 шахт Донбасса, и прекращение сброса шахтных вод также отрицательно повлияло на существующую схему водоснабжения в бассейне. Одним из таких альтернативных источников может быть использования подземных вод закрытых шахт, которые работают в режиме беспрерывного водоотлива. На юге Луганской области значительное количество шахт имеют шахтные воды с минерализацией не более 3 г/л.

Современные средства водоподготовки способны очищать большие объемы маломинерализованной воды до показателей качества нормированных согласно целевому использованию воды. Институтом «Донгипрошахт» разработано «ТЭО строительства пилотной установки деминерализации шахтных вод». Данным ТЭО предполагается выполнить строительство комплекса очистки и обессоливания шахтной воды закрытых шахт «Центральная» и № 7-7бис для организации водоснабжения г. Антрацит.

Город с населением свыше 90 тыс. человек наиболее остро в настоящее время ощутил проблему уменьшения водоснабжения из внешних источников, расположенных в долине р. Северский Донец, на расстоянии свыше 100 км. Подтопление территории г. Антрацита обусловлено естественными и техногенными факторами. Техногенные факторы проявились на данной территории во всем своем многообразии, присущем промышленно-городским комплексам: изменение естественного ландшафта городской территории,

стоки с водонесущих коммуникаций, сброс шахтных вод в русло р. Нагольчик. Общая площадь подтопления по г. Антрациту составляет 10 км^2. Исходя из вышесказанного, следует отметить, что борьба с подтоплением может осуществляться по разным направлениям. Одно из направлений заключается в защите от отрицательного действия грунтовых вод на основания, фундаменты, подземные сооружения, санитарные условия и т.д. Другое направление заключается в предотвращении возможности большого повышения уровня грунтовых вод или образование техногенного водоносного горизонта. Устройство конкретных защитных сооружений предрасполагает своей простотой и эффективностью относительно объекта или участка. Но, к сожалению, такой подход создает иллюзию борьбы и не отстраняет причин подтопления. Методика борьбы для каждого населенного пункта должна основываться на достаточно полных сведениях о причинно-следственных связях в системе «человек - геологическая среда» и данных наблюдений за режимом подземных вод (мониторинг). Кроме того, проблема борьбы с подтоплением имеет высокий уровень сложности и неопределенности и не может быть решена с помощью только инженерных мероприятий. Будучи одновременно социальной и экологической проблемой, она требует применения новейших научных достижений в области градостроительства и управления развитием окружающей среды.

Учитывая вышеизложенное, следует отметить, что подтопление будет прогрессировать на территории области; необходимо признать, что реализация концептуально новых подходов в борьбе с подтоплением возможна лишь при наличии соответствующего законодательного и методического обеспечения.

Рекомендованные институтом как альтернативные источники водоснабжения поля закрытых шахт "Центральная" и № 7-7бис в геоструктурном отношении принадлежат к Боково-Хрустальской котловине. На этой площади развиты отложения свит C_2^3-C_2^6 каменноугольного периода. Формирование эксплуатационных запасов подземных вод происходит в основном в породах свиты C_2^5, перекрытой маломощным (0,5-12 м) пластом пород четвертичного периода.

Согласно принятому структурно-тектоническому распределению Донбасса, территория упомянутых шахт, которую дальше будем называть Антрацитовское месторождение подземных вод, относится к I гидрогеологическому району, району больших складок с пологим падением. Этот район характеризуется хорошей отслоенностью пород карбона, значительными размерами структур, высокой степенью метаморфизма пород. Подземные воды встречаются практически во всех стратиграфических комплексах. Водопроницаемыми породами являются пористые и трещиноватые песчаники, закарстованные известняки, а иногда и трещиноватые сланцы. Условия формирования подземных вод очень сложные и зависят от геологического строения района.

Водоносные горизонты карбона имеют повсеместное распространение в районе работ. Формирование эксплуатационных запасов подземных вод в условиях его эксплуатации в пределах поля закрытых шахт обеспечивается, в

основном, инфильтрационным питанием (естественным и техногенным). По условиям режима подземных вод территория месторождения отнесена к подтипу воздержанного питания, которое характеризуется сильным подъемом уровней воды в марте-апреле и менее слабым в октябре-ноябре. Водоносные горизонты в пределах месторождения не защищены от внешнего техногенного влияния.

После закрытия шахты № 7-7бис в 1960 г. водоприливы шахтной воды составляли 250-280 м^3/ч. С целью предотвращения подтопления значительных территорий были пробурены 2 буровые скважины для снижения уровня воды в русле балки Водная, одна из которых фонтанирует в настоящее время с дебитом 50-60 м^3/ч, а вторая буровая скважина разрушена. По химическому составу подземные воды в пределах поля шахты «Центральная» гидрокарбонатно-сульфатные смешанного катионного состава с минерализацией до 2,8 г/дм^3; после закрытия шахты в 1999 г. минерализация уменьшилась до 1,1-2,4 г/дм^3. Содержание железа составляет 0,02-7,7 мг/дм^3, содержание марганца колеблется в пределах 0,002-5,1 мг/дм^3, жесткость достигает 24,6 ммоль/дм^3.

Подземные воды в пределах поля шахты № 7-7бис преимущественно сульфатно-гидрокарбонатные с натриево-кальциевым катионным составом, с минерализацией 0,8-1,9 г/дм^3 , содержание железа составляет 0,3-4,6 мг/дм^3, содержание марганца колеблется в пределах 0,07-1,5 мг/дм^3, жесткость - 7,8-20,3 ммоль/дм^3. Поскольку на Антрацитовском месторождении по данным технико-экономического обоснования предполагается использовать подземные воды из закрытых шахт путем их деминерализации на специальном оборудовании, то был проанализирован химический состав шахтной воды и его изменение за весь период эксплуатации шахт «Центральная» и № 7-7бис для определения методов ее очистки, и расчет количества технологических отходов. Величина сухого остатка шахтной воды закрытой шахты №7-7бис за все время эксплуатации не превышала 800 мг/дм^3, а после ее закрытия также не увеличилось количество соли в воде.

Кроме того, по данным долгосрочной эксплуатации соседних в геологическом отношении шахт общая величина сухого остатка шахтной воды действующих шахт для этого региона не превышает ее величины по шахте «Центральная» (табл. 1).

Таблица 1

Общая величина сухого остатка шахтных вод

Шахта	Начало эксплуатации	Глубина, м	Сухой остаток, мг/дм^3
1. Центральная	1939	430	2,5
2. им.50-летия Украины	1955	600	2,5
3. Партизанская	1913	1000	1,9
4. Крепенская	1939	1100	1,9

В связи с тем, что общее значение минерализации за 50-80 лет эксплуатации шахт региона, несмотря на изменение площади и глубин горных

выработок шахт, не превышало 2,5 г/дм^3, можно утверждать, что по шахтам «Центральная» и № 7-7бис, где горные работы завершены, изменений солевого состава на дальнейшие 25 лет не предвидится. Необходимо отметить, что бактериологическое состояние шахтной воды через 5-6 лет после закрытия шахты значительно улучшается.

Согласно «Проекта строительства пилотной установки деминерализации шахтных вод» очистку шахтной воды до качества, которое будет отвечать ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая», предполагается осуществлять на оборудовании американской фирмы «Cillidan» по технологии фирмы «Fitikon». Очистка будет включать несколько ступеней: механическую очистку от взвешенных веществ, устранение запаха и привкуса на быстрых напорных фильтрах; умягчение и обессоливание (опреснение) воды на установке обратного осмоса «Aqua-Cleer»»; обеззараживание хлорной водой в хлораторной. Возможно также использование оборудования и технологий очистки воды других фирм.

Применение такой технологии позволит значительно улучшить проблему водоснабжения промышленности и населения ЛНР, особенно в настоящее время.

ЗАДАЧИ ДОСТИЖЕНИЯ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО БАЛАНСА НА ОСНОВЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

И.В. Чеснокова[1], Л.А. Некрасова[2], Э.А. Лихачёва[2]

[1]Институт водных проблем РАН, г. Москва, ул. Губкина, д.3. E-mail: ichesn@rambler.ru
[2]Институт географии РАН, г. Москва, Старомонетный переулок, д. 29,
E-mail: nekrasova@igras.ru

В последние десятилетия значительно возросло техногенное давление на геологическую среду различных территорий. Однако разработка структуры инженерной защиты и управления земельными ресурсами осуществляется практически везде с большим запозданием. Как правило, после того, как произошла трансформация качества земель. Наиболее интенсивная трансформация геологической среды произошла на территориях нефтеперерабатывающих комплексов Севера России, расположенных в зоне распространения многолетнемерзлых пород. Проблему достижения эколого-экономического баланса особенно важно решить для урбанизированных территорий «ресурсных городов» [1, 5].

Охрана окружающих (человека) социально-экономической и природной сред – комплекс международных, государственных, региональных и локальных (местных) административно-хозяйственных, технологических, политических, юридических и общественных мероприятий, направленных на обеспечение социально-экономического, культурно-исторического, физического, химического, биологического комфорта, необходимого для сохранения здоровья человека (охрана ландшафтов, недр, лесов, почв, природы и др.). В перечень мероприятий по охране окружающей среды включают её улучшение (для человека), рекультивацию, оптимизацию и мелиорацию [2].

Для выработки системы мероприятий по охране среды необходимо проведение типизации и оценки земель по их значению благоприятных для жилищного, промышленного, дорожно-транспортного строительства, а также для ведения личного и сельского хозяйства и создания рекреационных зон с учетом «охранных» (ценностных) свойств земельных угодий, к которым относятся научное, историко-культурное, эстетическое, рекреационное, оздоровительное и иные ценные свойства.

Создание научных основ рационального природопользования и территориальной организации хозяйства (землепользования) является одной из важнейших проблем современной географии. Изучение земельных ресурсов с позиций оценки природной среды – сложная процедура, включающая учет взаимосвязей хозяйственной освоенности, рентабельности

и потенциальных возможностей дальнейшего освоения территории. Необходимо предусмотреть и возможности восстановления (привлекательности, ценности) или возвращения в хозяйственный оборот нарушенных земель, а также сохранение природного комплекса, как необходимого компонента для полноценного существования человека.

Рельеф, особенности его развития, комплекс экзодинамических процессов играют важную роль при оценке экологической безопасности окружающего пространства. Эта роль выражается в виде многообразия форм проявлений конкретных эндогенных и, особенно, экзогенных процессов и явлений, формирующих географическую среду. Большое значение имеют быстротекущие и внезапно возникающие – стихийные или катастрофические процессы. Эти процессы можно определить как геоморфологическую опасность. Совокупность геоморфологических условий, возникающих вследствие взаимодействия природных и техногенных (антропогенных) процессов, определяет степень благоприятности территории (территориальных ресурсов) для жизни населения.

Геоморфологическая оценка территориальных ресурсов создается на базе теоретических представлений об антропогенно-геоморфологической системе как особой морфолитодинамической системе, состоящей из природных и антропогенных компонентов (минеральных и биологических), которые связаны между собой не только естественными потоками вещества, энергии и информации, но и структурами социально-технического управления. Это сложноорганизованная во времени и пространстве *антропоэкосистема*. Морфологическая и пространственная организованность определяет инженерные свойства морфолитосистемы (и, в частности, территориальную организацию), а морфодинамическая – устойчивое функционирование [4].

Основой управления территориальными ресурсами и природно-антропогенными рисками является моделирование функционирования геосистем, как природных, так и природно-антропогенных, а также *составление прогноза*. Используя современные методы обработки данных (в том числе и данных об изменении климата) можно представить сценарии развития природного комплекса и дать рекомендации по корректировке структуры территориальной организации землепользования, поддержания комфортных условий для жизни населения, транспортной инфраструктуры, а также мест отдыха и получения доходов от землепользователей (недропользователей, водопользователей, лесопользователей) и др. держателей акций и страховых полисов [1, 3 ,6, 7].

Схему управления земельными ресурсами урбанизированных территорий можно представить в следующем виде (рис. 1).

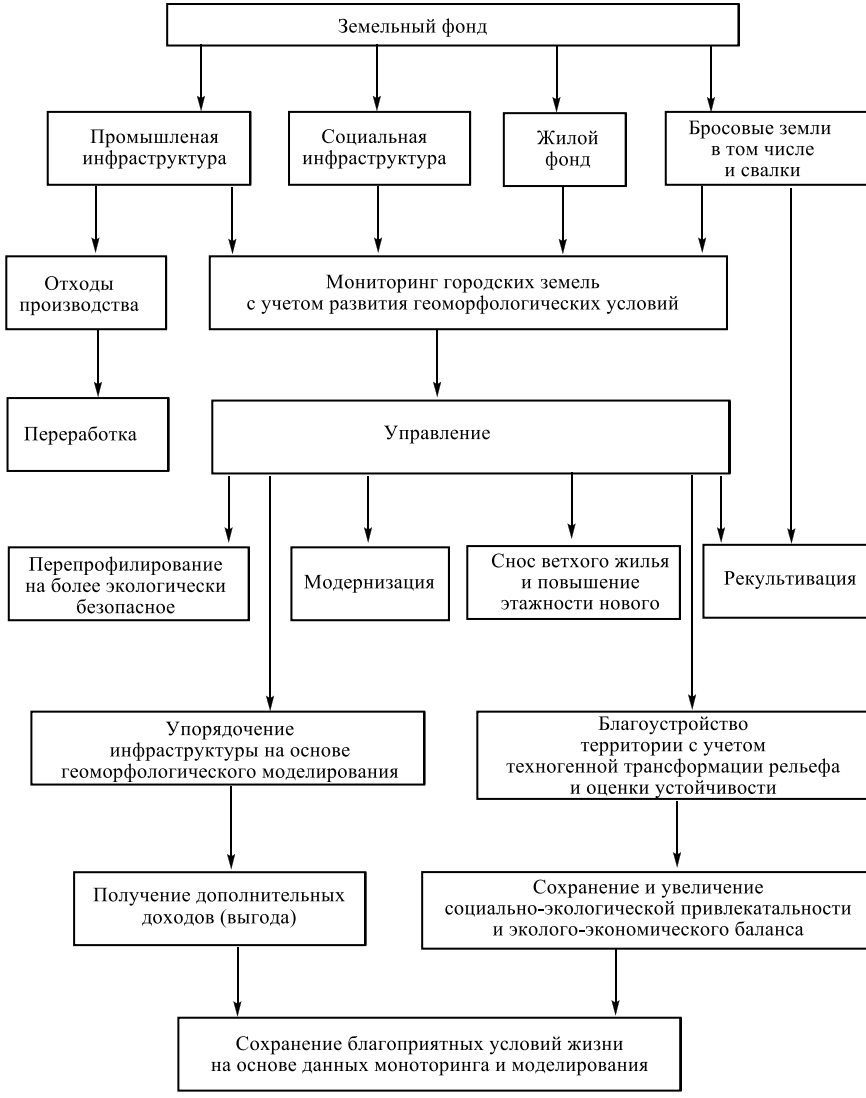


Рис. 1. Схема управления земельными ресурсами урбанизированных территорий для достижения социально-экономического баланса

Эта логическая модель (схема) влияния природных особенностей местности на формирование среды жизни (и, в частности, урбанизированной территории) представлена на рис.1. Здесь же можно видеть и пути решения задачи по созданию модели комфортной среды, в которой должны быть

уравновешены все виды привлекательности местности – экологическая, социальная и экономическая [1, 6].

Первоочередными задачами, для проведения которых важны эколого-геоморфологические исследования, можно назвать следующие мероприятия:

1) разработка оценочных критериев *деградации* земельных ресурсов с целью определения оптимального комплекса для рекультивации на основе моделирования;

2) разработка рекомендаций мероприятий, направленных *на поддержание эволюционного развития* природного комплекса с учетом изменений климата, естественного отбора и формирования нового природно-антропогенного комплекса на основе моделирования;

3) разработка и внедрение в практику *экологического страхования* (ущерба жизни и здоровью населения; строения и имущества; инфраструктуры и имущества, принадлежащих юридическим лицам) [3,7];

4) разработка и внедрение в практику системы сбора и утилизации отходов производства, рекультивации бросовых и захламленных земель.

Выводы. В целом, конструктивная формула рационального природопользования: хозяйственная освоенность (*польза*) > рентабельность (*выгода*) > возможности расширения хозяйственной деятельности (*дополнительные выгоды*) > длительное сохранение благоприятных условий жизни (*охрана среды*).

Литература

1. Город – экосистема / Э.А. Лихачева, Д.А. Тимофеев, М.П. Жидков и др. М.: ИГРАН, 1996, 336 с.
2. Земельный кодекс РФ от 25.10.2001 № 236 – ФЗ (редакция от 01.11.2017). https://dogovor-urist.ru/кодексы/земельный_кодекс/ред-01.11.2017/
3. *Кофф Г.Л., Чеснокова И.В., Шахраманьян М.А.* Оценка социально-экономического ущерба от опасных процессов на территории России // Прикладная геоэкология …, Сб. трудов. Вып. 2. М.: РЭФИА. 1997. С. 6–14.
4. *Лихачёва Э.А., Тимофеев Д.А.* Экологическая геоморфология: Словарь-справочник. М.: Медиа-ПРЕСС, 2004. 240 с.
5. Рельеф среды жизни человека / Лихачева Э.А., Тимофеев Д.А. М.: Медиа-Пресс, 2002. 640 с.
6. *Форрестер Дж*. Динамика развития города. М.: Прогресс, 1974. 288 с.
7. *Чеснокова И.В., Локшин Г.П.* Техногенные физические поля – свойства антропогенно-геоморфологических систем / Отв. ред. д.г.н. Э.А. Лихачёва. – М.: Медиа-ПРЕСС, 2016. – 192 с.

2. ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОГЕННО-НАГРУЖЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УЩЕРБЫ ТЕРРИТОРИЙ ОБРАЗОВАНИЯ И НАКОПЛЕНИЯ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

В.Б. Болтыров, С.А. Дегтярев, С.Г. Селезнев, Л.А Стороженко

Уральский государственный горный университет, 620144 г. Екатеринбург Куйбышева, 30.
E-mail: glzchs@mail.ru

Одним из основных индикаторов технологического и экономического уровня развития любого общества является его способность и умение перерабатывать отходы, образуемые в процессе производства, которые в местах их хранения представляют непосредственную угрозу здоровью людей, а также наносят непоправимый ущерб окружающей среде. Не являются исключением и горнопромышленные отходы (ГПО), т.е. отходы, образуемые при добыче, переработке и использовании полезных ископаемых (отвалы горных пород, шламо- и хвостохранилища, золо- и шлакоотвалы и др.), которые занимают значительные площади и в силу своих специфических свойств негативно воздействуют на состав атмосферного воздуха, почв, подземных и поверхностных вод.

В настоящее время в России накоплено более 80 млрд. тонн горнопромышленных отходов, которые при средней толщине слоя 20 м занимают площадь более 1300 км^2, при этом негативное их воздействие на окружающую среду проявляется на территориях, в десятки раз превышающих площади, занимаемые самими отходами [1].

В статье рассматриваются экологические ущербы некоторых видов ГПО – угольных терриконов и золоотвалов, отвалов рудных сульфидсодержащих месторождений и шламохранилищ, представляющих наиболее распространенные промышленные отходы горнодобывающей промышленности.

Угольные терриконы. Угольная промышленность занимает важное место в энергетическом и ресурсном обеспечении экономики России. По запасам угля Россия занимает второе место в мире. Добыча угля ведется в 25 субъектах Российской Федерации. Это Кузнецкий бассейн – 52%; Канско-Ачинский –12%; Печорский – 5%; Восточный Донецкий – 3%; Южно-

Якутский – 3% от общей добычи, а также Подмосковный и Уральский. В настоящее время угольная промышленность России – это свыше 350 угледобывающих предприятий, в том числе более 200 шахт и около 150 разрезов, суммарные производственные мощности добычи которых составляют более 360 млн. тонн угля в год. На сегодняшний день добыча угля в нашей стране осуществляется главным образом (65%) открытым способом, поскольку это способ имеет относительно высокую производительность и низкую себестоимость.

По воздействию на окружающую среду угольная промышленность является одной из наиболее экологически опасных отраслей горнодобывающей промышленности. Работа предприятий угледобывающей промышленности сопровождается образованием ГПО, большая часть из которых складируется на поверхности в виде терриконов. На территории Российской Федерации в терриконы ежегодно поступает около 50 млн. $м^3$ горных пород, извлеченных на поверхность попутно с углем, а их общее количество в настоящее время превысило 2000 млн. $м^3$. Они представляют собой плоские, конические или хребтовидные отвалы из горных пород, объёмы которых зависят от горно-геологических условий при разработке угольных месторождений, объёмов и технологии добычи угля.

Одной из причин негативного воздействия терриконов на окружающую среду является их интенсивная ветровая и водная эрозия. При отсыпке терриконов происходит гравитационная сегрегация породного материала, в результате чего более мелкие фракции концентрируются преимущественно в верхней и средней частях отвалов. Это облегчает выдувание и развеивание мелкой фракции пород террикона, которая загрязняет прилегающие к терриконам почвы и поверхностные воды.

Под воздействием атмосферных осадков терриконы подвергаются водной эрозии. Если терриконы не засажены растительностью, то водная эрозия может характеризоваться катастрофическими масштабами. С каждого гектара поверхности террикона в окружающую среду при интенсивном ливне может быть вынесено несколько тысяч тонн породного материала. При этом водными растворами выщелачивается значительная часть компонентов пород, которые мигрируют в окружающую среду, локализуясь на различных геохимических барьерах в почвах и растительном покрове прилегающих территорий. Если на поверхности терриконов преобладают процессы водной и ветровой эрозии, физического и химического выветривания, то во внутренней части терриконов создаются благоприятные условия для окисления и последующего возгорания. Ведущая роль при этом принадлежит деятельности микроорганизмов. Бурые угли к тому же склонны к самовозгоранию. Соприкасаясь с водой и атмосферным кислородом, они окисляются и начинают тлеть, а при высокой пористости террикона и его продуваемости через некоторое время может начаться настоящий пожар. При высокотемпературном прокаливании отвальных пород начинается термическое разложение карбонатов с выделением CO и CO_2, сопровождающееся выносом части Ca, Mg и Fe [3].

Загрязнение атмосферного воздуха на территориях угледобывающих

предприятий происходит не только от пожаров на терриконах, но и по другим причинам (выброс метана при разработке угольных пластов, буровзрывные работы, карьерная техника и др.). При добыче угля открытым способом основными загрязняющими веществами являются выбросы твердых веществ: неорганическая пыль и зола углей.

Золоотвалы. Уголь широко используется как на крупных энергетических предприятиях (ГРЭС, ТЭЦ), так и в небольших котельных, располагающихся в пределах жилой застройки. На территории РФ работает более 140 теплоэлектростанций, использующих уголь, а число котельных насчитывает десятки тысяч.

Отечественные энергоблоки, работающие на угле, имеют недостаточно высокий уровень технологии улавливания, транспортировки, хранения и использования золы и шлака и, как следствие, высокие показатели выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Эмиссии мелкодисперсных взвешенных частиц и диоксида серы на многих отечественных энергоблоках угольных электростанций примерно в десять раз выше, чем в странах ЕС. При этом именно мелкодисперсные частицы представляют особую опасность для здоровья населения.

Так, в результате деятельности Рефтинской ГРЭС (Свердловская область) с 1970 г. по настоящее время сформировалось два золоотвала. Золоотвал № 1 заполнен полностью, рекультивирован и покрыт лесной и кустарниковой растительностью. Функционирует золоотвал № 2, общая площадь которого составляет 950 га.

По химическому составу в золе экибастузских углей, используемых на ГРЭС, преобладают алюмосиликаты, в которых содержание $SiO2+Al2O3$ достигает 90% и выше. Содержание $CaO + MgO$ не выше 3-5%, поэтому цементирующей способностью данная зола не обладает. Стекло и пепел (60-90%), находящиеся в сплаве друг с другом, являются основой золы ГРЭС. Наличие углекислых частиц, шлаков и тяжелых минералов в золе незначительное. По гранулометрическому составу зола на 75% состоит из пылевых и мелких фракций. Частиц размером крупнее 0,25 мм (шлак) содержится не более 25%. Согласно совокупному анализу зольные отходы относятся к нетоксичным некатегорийным промышленным отходам.

Зола транспортируется с помощью пульпопровода протяженностью 22 км. Пульпопровод состоит из четырех ниток стальных труб диаметром 700 и 800 мм. Соотношение воды и золы в пульпе ровно 10:1. Суммарный годовой объем поставляемой золы – 3400 тыс. т/год. Объем заскладированного материала оценивается 63,8 млн тонн. Доля золы составляет 93,96%, шлака – 2,02%.

При интенсивном загрязнении почв золами по лимитирующему транслокационному показателю наибольшее влияние на растительный мир оказывают, в порядке убывания: мышьяк, медь, ванадий. По лимитирующему общесанитарному показателю влияние на самоочищающую способность почв и микробиоценоз: мышьяк, медь, ванадий, марганец. По лимитирующему миграционно-водному показателю (переход элементов из золы в воду): мышьяк, марганец, ванадий [4].

В результате ветровой эрозии с поверхности сухих пляжей вдоль берегов золоотвала поднимаются внушительные объемы пыли, загрязняющие атмосферу. Почвы в санитарно-защитной зоне ГРЭС испытывают воздействие золоотвала за счет осаждения пыли из атмосферного воздуха. В 2017 г. по отношению к 2016 г. площадь с умеренно опасной категорией загрязнения расширилась на восток от золоотвала с 500 до 2500 м. С течением времени площадь загрязненных почв будет увеличиваться, возрастет и концентрация тяжелых металлов в почвах. Без принятия радикальных мер по снижению выбросов пыли в атмосферный воздух степень загрязнения почв достигнет опасной. В этом случае часть угодий, используемых в настоящее время для выращивания пшеницы, будет пригодна только для выращивания технических культур.

Красные шламы алюминиевого производства. Алюминиевые заводы образуют отходы, которые из-за своего цвета называются красными шламами. Красный шлам - твердые отходы, образующиеся в результате промышленного процесса обработки боксита при производстве оксида алюминия. Бокситы - это полезные ископаемые, содержащие гидроксиды и оксиды алюминия, железа, кремния и титана. Уровень технологии производства алюминия таков, что зачастую, в зависимости от особенностей боксита, предприятие-переработчик выдает столько же или даже больше красного шлама, сколько производит алюминиевого сырья. Та же технология предусматривает удаление красного шлама за пределы территории предприятия в виде пульпы на специально оборудованные площадки или шламовые поля. Площади таких шламохранилищ сопоставимы с территорией, занимаемой самим предприятием-переработчиком. Непрерывное увеличение производства глинозема и снижение качества бокситов ведет к росту объёмов складирования красных шламов. Красный шлам содержит в своем составе до 60% оксидов металлов, в первую очередь, железа, которые и придают отходам красный цвет. Также в составе красного шлама содержится значительное количество оксида кремния, остаточный алюминий и оксид титана. Кроме этих, в целом полезных компонентов, красный шлам содержит щёлочь и тяжелые металлы. Поэтому шламохранилища, как мины замедленного действия, таят в себе постоянную экологическую угрозу. Они аккумулируют поверхностные стоки, отчего есть постоянная опасность проникновения ядовитых стоков в окружающую среду.

Красный шлам наносит вред окружающей среде, уничтожая редкие и многолетние растения; при сбросе в водоёмы, щелочь, находящаяся в красном шламе, наносит повреждения внешним покровам рыб, ракообразных и моллюсков, вызывая при большой концентрации массовую гибель и различного рода болезни. После разлива красного шлама почву для ее восстановления покрывают золой, песком, дерном, после чего должно пройти довольно много времени, чтобы появилась возможность засадить территорию специальными сортами деревьев и трав.

У человека красный шлам вызывает ожоги кожи, слизистых оболочек; у детей наблюдается снижение интеллектуального уровня и рост агрессивности, у взрослых - повышение артериального давления, онемение

конечностей, мышечные боли, головная боль, боли в животе, снижение памяти, иммунитета, ухудшение потенции, малокровие, поражение печени и почек.

Отвалы сульфидсодержащих месторождений. Серьёзную экологическую опасность представляют отвалы сульфидсодержащих рудных месторождений. В результате техногенной нагрузки на прилегающих к отвалам территориях наблюдается прогрессирующая деградация экосистем. Некоторые участки превращаются в техногенную пустошь. При этом площадь пострадавших территорий значительно превышает площадь самого отвала. Длительное хранение даже крупнообломочных отходов добычи сульфидсодержащих рудных месторождений в условиях атмосферного воздействия приводит к потере первоначальных качеств, содержащихся в них руд, что в свою очередь, усложняет технологию извлечения рудных обломков из породной массы отвалов, а также приводит к значительному увеличению потерь при извлечении полезных компонентов из руд. Химические процессы, сопровождающиеся миграцией элементов, ещё более обесценивают техногенный объект как источник дополнительных минеральных ресурсов и одновременно безвозвратно загрязняют окружающие территории.

Суммарный ущерб, вызываемый длительным хранением ГПО, можно схематично представить в виде графика (рис. 1).

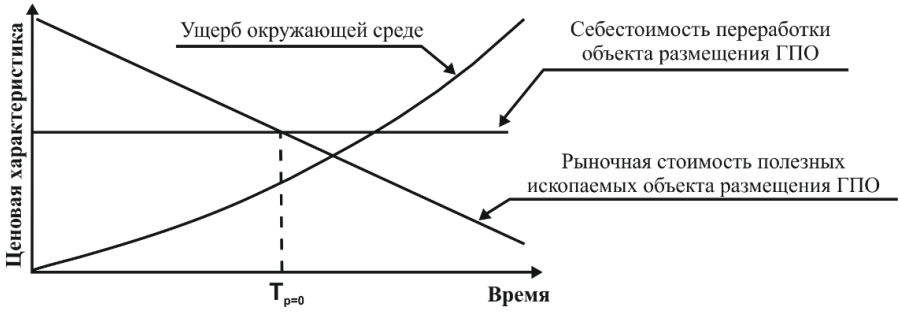


Рис. 1. Суммарный ущерб от длительного хранения ГПО

Как видно из рисунка, на начальном этапе хранения многие объекты размещения ГПО можно перерабатывать экономически эффективно. Но с течением времени (на графике точка $T_{р=0}$), ценность полезных ископаемых объекта становится ниже себестоимости их извлечения.

В результате объект теряет свою ценность и превращается лишь в источник постоянного негативного воздействия на окружающую среду, ликвидация ущерба последствий хранения которого, а также утилизация потребуют значительных материальных ресурсов [2].

Литература

1. *Комаров М.А., Алискеров В.А., Кусевич В.И., Заверткин В.Л.* Горнопромышленные отходы – дополнительный источник минерального сырья // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление, 2007, №4. – С. 3-9.

2. *Селезнев С.Г., Болтыров В.Б.* Экология техногенного объекта «Отвалы Аллареченского месторождения». – «Известия вузов. Горный журнал». – № 7, 2013. – С. 57-61.

3. *Чесноков Б.В.* Высокотемпературная хлорсиликатная минерализация в горелых отвалах Челябинского угольного бассейна // Докл. РАН. 1995 – 343, №1. – с.94-95.

4. *Ясаманов Н.А.* Основы геоэкологии. – изд. Центр «Академия». 2003. – 352 с.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСФОРМАЦИИ РЕЛЬЕФА ТЕРРИТОРИЙ ГАЗОДОБЫВАЮЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТАЗОВСКОГО ПОЛУОСТРОВА

П.В. Большаник, Т.И. Мухамедьянов

Югорский государственный университет, 628012, г. Ханты-Мансийск, ул.Чехова, 16.
E-mail: bolschpetr@mail.ru

В административном отношении Тазовский полуостров относится к Ямало-Ненецкому автономному округу (окружной центр – г. Салехард) Тюменской области РФ. С севера и востока полуостров омывается Тазовской губой, с запада – Обской губой, на юге граница проходит приблизительно по долине р. Хадуттэ по параллели 67^0 30' с.ш. Тазовский полуостров географически расположен в зоне субарктического климата, что определяет широкое распространение здесь многолетнемерзлых пород (ММП). Мерзлые породы развиты как на побережье Обской и Тазовской губ, так и в центральных участках полуострова. «Неоднородность мерзлотно-геологической обстановки, обусловленная разнообразием природных условий в плейстоцене, а также значительные криогенные и посткриогенные преобразования отложений в современный период создают сложные условия для ведения работ по добыче газа» [5].

Комплексное изучение Обско-Тазовского региона было начато в 1940-1950 гг. Начиная с 1995 г., трест «Севморнефтегеофизика» проводит сейсморазведочные работы в Обской и Тазовской губах. По материалам этих работ была установлена газоперспективность района. Газоперспективность района послужила началом планомерного проведения инженерно-геологических изысканий на акватории Обской и Тазовской губ. С 1995 г. проводятся инженерно-геологические изыскания на площадках бурения газопоисковых скважин.

Основными методами инженерно-геологических изысканий на исследуемой территории являются: непрерывное сейсмоакустическое профилирование в комплексе с эхолотированием и ГЛБО, бурение инженерно-геологических скважин, пробоотбор и лабораторные исследования проб грунта.

В результате изысканий были получены необходимые сведения об инженерно-геологическом разрезе площадок, изучены физико-механические свойства грунтов, произведены расчеты несущей способности грунтового основания, определены режимные характеристики гидрометеорологических условий.

В районе исследования, в междуречье рек Обь и Таз расположено Ямбургское газоконденсатное месторождение и проходят действующие

магистральный газопровод Ямбург – Центр и конденсатопровод Ямбург-Уренгой.

Исследуемый район расположен в природных зонах тундры и лесотундры. Открытые дренированные пространства заняты кустарничково-мохово-лишайниковой растительностью. Заросли кустарников высотой до 1-2 м отмечаются в нижних частях склонов, днищах хасыреев и небольших водотоков. На юге полуострова в речных долинах наряду с кустарниками встречаются березово-лиственничные редколесья.

Наибольшая густота расчленения (до 1,5-2,5 км/м^2) отмечена на западе и севере полуострова; глубина эрозионного вреза достигает 30-50 м. В центральной части полуострова густота и глубина расчленения сокращаются до 0,3-1,0 км/м^2 и 10-25 м соответственно [3]. Здесь отмечены высокие заболоченность (35 %) и заозеренность (20% - 25%) поверхности.

Большинство озер имеет термокарстовое происхождение. В центральной и южной частях полуострова много остаточно-термокарстовых котловин [5]. В верховьях реки Хадуттэ, в бассейне реки Еняха и в районе озера Хантято широко распространены линейно-ориентированные гряды.

На территорию полуострова заходит северная часть Ненецкой возвышенности, которая характеризуется сложным многоярусным рельефом. Около 70% площади занимают возвышенные пологоувалистые и холмистоувалистые слабозаболоченные морская, прибрежно-морская и озерно-аллювиальная средне- и верхнечетвертичные равнины с абсолютными отметками от 45 до 90 м. На востоке полуострова распространены плоские и пологоувалистые сильнозаболоченные поверхности прибрежно-морских и лагунно-морских террас с абсолютными отметками 10-40 м. Такие же отметки имеют и надпойменные террасы крупных рек [3].

В геоморфологии района четко выражены две морские равнины, озерно-аллювиальная равнина и лагунно-морская терраса, в речных долинах развита только пойма. Наиболее древним геоморфологическим элементом является салехардская морская равнина (m,mg IIsh). Рельеф равнины полого-увалистый, с абсолютными отметками 45-70 м. Поверхность полуострова интенсивно расчленена долинами рек, ручьев и временных водотоков и системой логов и оврагов, слабо заторфована и заозерена.

Прибрежно-морская казанцевская равнина (m,pm IIIkz) распространена на большей части исследуемой территории. Абсолютные высоты равнины достигают 50 м. Уступ, отделяющий ее от салехардской поверхности сильно выположен и часто неразличим. Поверхность казанцевской равнины плоская, в разной степени расчлененная долинами рек, временными водотоками и оврагами. Участки, не затронутые эрозией, имеют совершенно плоскую поверхность и выдержанность высотных отметок. Водоразделы отличаются широким развитием заболоченности и плоскобугристых торфяников. Поверхность характеризуется относительно большой заозеренностью.

Зырянская озерно-аллювиальная равнина (la IIIzr) встречается в конце трассы. Рельеф равнины плоский, реже полого-увалистый, поверхность сильно заболочена и заозерена. На поверхности широко развиты термокарстовые формы рельефа.

Молодая лагунно-морская терраса (lm IV) развита лишь на севере, вдоль побережья Тазовского полуострова. Пойма (a IV) отчетливо подразделяется на высокую и низкую. Для высокой поймы характерны веера блуждания русла, прирусловые валы и обилие старичных озер. Низкая пойма тяготеет к прирусловой части днищ долин и постепенно переходит от высокой поймы в прирусловые песчаные отмели без растительности и с четко выраженными следами русловой деятельности, рябью течения и гривистым рельефом. Ориентировка грив и валов отражает процесс меандрирования водного потока. Низкая пойма представлена илисто-песчаными грунтами и в паводковый период заливается водой. На всех геоморфологических уровнях с поверхности распространены биогенные отложения (b IV) мощностью 0,2-5,0 м.

Разработка месторождений полезных ископаемых на территории Тазовского полуострова сопровождается строительством инфраструктуры для разведки и добычи, средств транспортировки (трубопроводы, автодороги, линии электропередачи) и промышленно-жилых объектов [4]. Все эти виды антропогенного воздействия создают давление на окружающую среду и ее трансформацию, особенно в условиях слабой устойчивости геосистем. Рассмотрим трансформацию рельефа исследуемой территории вследствие антропогенного влияния.

На исследуемой территории наблюдается активизация эрозионных процессов. Следующие виды хозяйственной деятельности послужили причиной образования овражной эрозии:

- Выкапывание различных ям, выемок, траншей, подрезка склонов;
- Некачественное проведение земляных работ – недостаточная утрамбовка, заделка грунта, колеи от гусеничных машин;
- Строительство дорог, устройство тропинок между и вдоль склонов.

При строительстве промышленных и жилых объектов (вахтовые поселки, промбазы, газораспределительные станции, железнодорожные станции и другие объекты инфраструктуры) предварительно подготавливается площадка: уничтожается почти полностью растительный покров, проводятся планировочные работы (выравнивается рельеф). В результате происходит изменение поверхностного и подземного стока, изменение состояния многолетнемерзлых пород за счет оттаивания – промерзания, изменение направленности и интенсивности комплекса криогенных процессов [2].

Кроме эрозии, на территории Тазовского полуострова наблюдается дефляция. Уничтожение растительного покрова в местах заложения карьеров на песчаных отложениях приводит к возникновению очагов дефляции. Сильный ветер наносит большой ущерб газовой промышленности: разрушает средства связи, линии электропередачи, различные постройки. В холодный период усиление ветра сопровождается метелями, снежной корразией и снежными заносами, затрудняющими работу транспорта.

Оползни, возникающие в процессе строительства, эксплуатации сооружений и хозяйственном использовании территорий, могут соответствовать любому типу из возможных механизмов смещения. Наиболее часто они имеют характер оползней сдвига (скольжения) и

вязкопластических, а в редких случаях являются оползнями выдавливания, гидродинамического разрушения (суффозионными, гидродинамического выпора) и внезапного разжижения.

При видах деятельности, отнесенных к первой группе, возникновение техногенных оползней связано в основном с устройством различных временных (строительных) и постоянных выемок (котлованов, траншей, дорожных выемок и полувыемок), неудачной планировкой рельефа и пригрузкой малоустойчивых элементов склонов (особенно тел оползней в их головных частях), а также с дополнительным увлажнением грунтового массива на склонах при нарушении поверхностного стока и снятии растительного покрова [1].

Площадные нарушения возникают при строительстве вахтовых поселков [3], промбаз, газоперекачивающих станций, при заложении кустов скважин, при разработке карьеров и других сооружений. «В данной ситуации нарушается тепло-влажностный режим грунта, что влечет за собой изменение глубины сезонного протаивания – промерзания и, следовательно, активизацию процессов заболачивания, пучения, неравномерной осадки грунта и развитие процессов термоэрозии [2].

Газодобывающие скважины, в условиях сплошного распространения многолетнемерзлых пород, распространяют свое влияние на большие площади различных форм рельефа. Вокруг ствола скважины образуется ареал оттаивания, грунт проседает, а понижение заполняется водой, что стимулирует развитие термокарстовых процессов. При вторичном промерзании этого ареала уже начинают развиваться процессы пучения, приводящие к деформации ствола буровой. В конечном итоге такое резкое изменение направленности и интенсивности антропогенно-криогенных процессов может привести к аварийным ситуациям.

Пучение пород при замерзании и уменьшение объема грунта при оттаивании являются основной причиной деформации сооружений, поскольку в процессе промерзания грунта происходит миграция влаги, главным образом пленочной, к участкам промерзания. В результате замерзания мигрирующей влаги в грунте возникают линзы, прослойки и другие формы включений льда [1]. Физически морозное пучение выражается в неравномерном поднятии промерзающего грунта, причем напряжения и деформации, возникающие в процессе пучения, оказывают существенные воздействия на фундаменты и наземные конструкции сооружений.

Таким образом, характер проявления геоэкологических процессов, обусловленных неблагоприятными геоморфологическими условиями на территории Тазовского полуострова, неоднороден. Самыми распространенными по площади являются морозное пучение грунтов и термокарст, вызванные криогенными процессами, оползневые процессы и эрозия, менее распространенным – дефляция.

Литература

1. *Большаник П.В.* Геоэкологические проблемы трансформации рельефа урбанизированных территорий (на примере городов Западной Сибири) / П.В. Большаник, В.Н. Недбай. – М. : ИНФРА-М, 2017. 243 с.
2. *Козлова А.Е.* Антропогенное преобразование рельефа в условиях хозяйственного освоения территории полуострова Ямал // Известия РАН. Серия географическая, 2013, № 4, с. 87–94.
3. *Кружалин В.И., Лукашов А.А., Симонов Ю.Г., Симонова Т.Ю.* Геоморфологические исследования в решении экологических проблем // Вестн. МГУ. Сер. 5. География. 1992. № 4, с. 8–14.
4. СНиП 2.02.01-83 Основания зданий и сооружений, I-VI часть.
5. *Трофимов В.Т., Баду Ю.А., Дубиков Г.И.* Криогенное строение и льдистость многолетнемерзлых пород Западно-Сибирской плиты. Изд. МГУ, М.,1980.

ТРАНСФОРМАЦИЯ КОМПОНЕНТОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ТЕРРИТОРИЙ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНОВ БЕЛАРУСИ

А.Н. Галкин, И.А. Красовская

Витебский государственный университет имени П.М. Машерова
Беларусь, г. Витебск, Московский пр-т, 33. E-mail: galkin-alexandr@yandex.ru

Существенным фактором трансформации природной, в том числе геологической среды территории Беларуси является деятельность горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности [1]. Это в первую очередь относится к покровным отложениям, которые в результате добычи и переработки полезных ископаемых практически полностью разрушаются. Наиболее широко распространёнными и эксплуатируемыми видами минерального сырья на территории республики является торф и нерудные полезные ископаемые: пески (строительные, силикатные, формовочные, стекольные) и песчано-гравийные смеси, глины (кирпичные, тугоплавкие, огнеупорные, сырьё для производства цемента, керамзита и др.), калийная и поваренная соли, карбонатные породы (доломит, мел, мергель), строительный и облицовочный камень. В перспективе предполагается разработка новых видов сырья: бурых углей, бентонитовых глин, цеолитсодержащих силицитов, гипса, фосфоритов, каолинов, промышленных рассолов.

В настоящее время на территории Беларуси в связи с добычей торфа нарушено более 300 тыс. га земель. Основным направлением использования выработанных торфяников до недавнего времени являлось сельскохозяйственное. Однако низкая эффективность использования рекультивируемых земель и большие затраты на рекультивацию вызвали необходимость поиска других путей их восстановления и использования. Согласно данным прогноза изменения окружающей природной среды Беларуси до 2020 г., наиболее перспективным представляется повторное заболачивание с целью возобновления процесса торфонакопления. Предполагается, что таким образом создаются условия восстановления до половины площадей нарушенных болот [6].

Значительное трансформирующее воздействие на природную среду региона оказывает деятельность ОАО «Беларуськалий», разрабатывающего крупнейшее в Европе Старобинское месторождение калийных солей. На базе месторождения созданы и работают четыре рудоуправления, каждое из которых состоит из рудника и обогатительной фабрики. Добыча руды производится шахтным способом (при максимальной глубине разработки 900 м), отходы производства складируются на поверхности земли: твёрдые – в отвалах, жидкие – в шламохранилищах. Причём ежегодно на земной поверхности складируется около 20 млн т твёрдых галитовых отходов и

около 2,0–2,2 млн т шламов. За время эксплуатации месторождения в солеотвалах накопилось около 1000 млн т твёрдых отходов, занимающих площадь свыше 550 га и более 65 млн т жидких глинисто-солевых отходов в шламохранилищах на площади около 950 га. Использование тех и других отходов незначительное [1].

В результате ветровой и водной эрозии солеотвалов, поверхностного и внутригрунтового перераспределения водорастворимых веществ засолению подвергаются грунтовые массивы прилегающих территорий. Зоны засоления грунтов распространяются на расстояние до 3,5 км от калийных предприятий и в дальнейшем следует ожидать увеличения ореолов засоления.

Отработка месторождения также сопровождается деформациями земной поверхности с образованием мульд оседания или провальных воронок, а также подтоплением территории и загрязнением подземных вод. Например, ширина мульд оседания на отдельных участках достигает 100–300 м при глубине 1–3 м и более, крутизна склонов приближается к 3–4º. В таких депрессиях часто развиваются процессы заболачивания [1]. В районах солеотвалов и шламохранилищ на площади более 15 км^2 сформировалась зона хлоридно-натриевого засоления, охватившая грунтовые и межпластовые воды до глубины более 100 м. Минерализация грунтовых вод достигла 80–160 г/дм^3, в некоторых случаях – 200 г/дм^3. Имеет место тенденция расширения ореола загрязнения, скорость которого оценивается величинами от нескольких до 50–85 м/год. По причине засоления подземных вод в конце 1970-х гг. была прекращена эксплуатация ряда водозаборных скважин 1-го и 3-го рудоуправлений [4, 5].

Складирование в отвалы больших объёмов отходов калийного производства над подработанными шахтными полями месторождения из-за нарушения изостатического равновесия в земных недрах стало, вероятно, одной из причин повышения сейсмичности территории. В районе Солигорска на участках размещения шахтных полей фиксируется до сотни сейсмических толчков в год, причем некоторые из них изредка достигают 4–5 баллов [1].

Значительные по масштабам изменения и трансформацию компонентов природной среды можно наблюдать и на других горнопромышленных объектах, где разрабатываются наиболее крупные месторождения полезных ископаемых. Эти изменения проявляются уже во внешнем облике территорий размещения данных объектов, в их рельефе [2]. Создаются глубокие карьеры, формируются большие объёмы техногенных грунтов – отвалы вскрышных пород. В бортах карьеров и на отвалах часто развиваются гравитационные процессы, порой значительных масштабов. Примером тому является карьер «Гралёво» по добыче верхнедевонских доломитов в окрестностях Витебска. Вскрышные породы здесь представлены моренными супесями, суглинками поозерского и днепровского горизонтов и голоценовыми аллювиальными песками общей мощностью 10–20 м. Приуроченность к вскрышным породам грунтового водоносного горизонта, выветрелость моренных отложений, значительная крутизна склонов (до 50º) обусловили широкое развитие обвалов и оползней (рис. 1), объём которых составляет от нескольких сотен до тысяч м^3 перемещённых масс грунта [1].



Рис. 1. Южный борт карьера «Гралёво» по добыче доломита с многочисленными обвально-оползневыми участками (2010 г.)

Оползни часто возникают и на отвалах вскрышных пород этого карьера, размещённых на площади 39 га и достигших в высоту 20–25 м. Здесь оползни часто имеют небольшие размеры и объёмы, но иногда они способны захватывать обширные участки. Так, в ноябре 1998 г. из-за продолжительных дождей сполз обширный массив грунта, имевший в поперечнике около 70 м, при высоте смещения до 10 м. Этим оползнем было перемещено порядка 20 тыс. $м^3$ грунтовых масс. В результате были уничтожены частные строения, расположенные вблизи отвалов.

Другим примером активизации обвально-оползневых процессов является карьер по добыче строительного камня (гранитов, диоритов, габбро, гнейсов $AR–PR_1$) у Микашевичей в Брестской области – самый глубокий (свыше 100 м) в Белоруссии. Следует отметить, что гравитационные процессы могут проявляться практически во всех карьерах – как незначительных по размерам, так и глубоких, охватывающих площади в сотни гектаров. Однако они, как правило, будут различаться по объёму, форме и виду смещающихся масс [1].

Открытая разработка месторождений полезных ископаемых нередко сопровождается сосредоточенным водоотбором. При этом водоотливы из карьеров создают общее снижение уровней взаимосвязанных водоносных горизонтов, образующих депрессионные воронки с радиусами, исчисляемыми километрами. В результате иссякают источники, колодцы, скважины, пересыхают малые реки и водоемы, заболоченные участки, становятся источниками питания подземных вод крупные речные водотоки, дренирующие их в естественных условиях. Так, например, практика эксплуатации карьера «Микашевичи» свидетельствует о том, что постоянный водоотлив, нередко превышающий 60 тыс. $м^3$/сут, из-за значительных

водопритоков в карьер из подземных вод (в среднем 43,4 тыс. м^3/сут, а в периоды ливневых осадков – до 420 тыс. м^3/сут и более) существенным образом изменил гидродинамические параметры всех водоносных горизонтов, повлёк за собой преобразования химического состава подземных и карьерных вод, нарушил гидрологический режим на прилегающих территориях. Образовавшаяся в результате водоотлива воронка депрессии снизила уровень грунтовых вод (УГВ) на расстоянии 1050 м от карьера на 3,5 м (1981 г.). В 1998 г. на расстоянии 2 км от выработки УГВ понизился на 11 м, а на расстоянии 3 км – на 2 м [8]. Это привело к исчезновению (пересыханию) двух малых рек на территории месторождения.

Аналогичная ситуация сложилась и на месторождении доломитов «Гралёво». Мощный, порядка 370 тыс. м^3/сут, водоотлив подземных вод, заключённых в кавернозных и сильнотрещиноватых верхнедевонских доломитах, привёл к снижению пьезометрических уровней на расстоянии 10–12 км. Это повлекло за собой исчезновение меженного стока реки Витьба на десятикилометровом участке и выход из строя ряда водозаборных скважин соседних сельских населённых пунктов, создав тем самым проблему обеспечения их населения питьевой водой [1].

Подобные явления можно наблюдать и на других карьерах. Например, в карьерах по разработке мела для производства цемента в районе г. Кричев Могилёвской области, п. Красносельский Волковысского района Гродненской области, на месторождениях «Грандичи» близ г. Гродно, «Коммунарское» в Костюковичском районе Могилёвщины, ряде разработок месторождений песчано-гравийных материалов в Минском и Логойском районах Минской области и др. [5].

Трансформация компонентов природной среды происходит и при других видах горнопромышленной деятельности. В частности, при разведке и эксплуатации месторождений нефти в различной степени нарушено и загрязнено более 700 га земель. Здесь сформировались ореолы загрязнения грунтов и подземных вод по Cl^-, Na^+, Ca^{2+}, Fe^{2+}, поверхностно-активным веществам, нефтепродуктам и другим компонентам (рис. 2). При этом размеры загрязнённых участков на отдельно взятой скважине могут составлять от 0,1 до 4,0 га, а глубина миграции загрязнённых веществ за несколько лет может достигать 35–40 м [1, 3]. В качестве основных источников загрязнения компонентов природной среды на данных объектах часто выступают отработанные буровые растворы, сточные воды, буровой шлам и другие отходы бурения, складируемые в амбарах, нефтяные проливы [3]. Нередко с добычей нефти связано проседание земной поверхности (по данным повторных нивелировок на нефтяных месторождениях Беларуси, скорость опускания дневной поверхности может достигать 10 мм/год), что способствует развитию процессов заболачивания [1].

Всего по состоянию на 01.01.2015 г. в республике нарушенные земли в совокупности с неиспользуемыми в народном хозяйстве территориями занимали около 2,4 % от общей площади страны [7]. При этом следует отметить, что за последнее десятилетие их площадь существенно сократилась. Это связано не только с некоторым снижением объёмов добычи

полезных ископаемых и, соответственно уменьшением площадей ежегодно нарушаемых земель, но и передачей местными органами нерекультивированных площадей в состав земель лесного фонда и земель запаса под повторное облесение или заболачивание.

Для восстановления хозяйственного потенциала нарушенных земель и снижения негативных последствий для природной среды осуществляется комплекс мероприятий по их рекультивации. Она является обязательной для предприятий и организаций, осуществляющих работы связанные с нарушением компонентов природной среды, в том числе и добычу полезных ископаемых. Наиболее распространённым направлением рекультивации в регионе является лесохозяйственное – создание лесонасаждений эксплуатационного или целевого назначения. Для обводнённых карьерных выработок перспективным является водохозяйственное и рекреационное направление рекультивации. На территории городов и пригородных зон нарушенные земли целесообразно использовать под строительство. При соблюдении необходимых условий карьерные выработки могут также использоваться для складирования нетоксичных отходов.

Литература

1. *Галкин А.Н., Матвеев А.В., Павловский А.И., Санько А.Ф.* Инженерная геология Беларуси: в 3 ч. / Под науч. ред. В.А. Королёва. Витебск: ВГУ им. П.М. Машерова, 2017. Ч.2: Инженерная геодинамика Беларуси.
2. Геологическое пространство как экологический ресурс и его трансформация под влиянием техногенеза / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Академическая наука – Геомаркетинг, 2014.
3. *Жогло В.Г., Галкин А.Н., Третьякова А.В., Красовская И.А.* Пресные подземные воды Гомельской области: динамика и экология. Минск: Беларуская навука, 2018.
4. *Клементьев В.П., Рахманов С.К., Высоцкий Е.А., Швецов А.А.* Горно-экологические проблемы эксплуатации Старобинского месторождения калийных солей // Природные ресурсы. 2000. № 4, с. 25–33.
5. Природная среда Беларуси / Под ред. В.Ф. Логинова. Минск: НОООО «БИП-С», 2002.
6. Прогноз изменения окружающей среды Беларуси на 2010–2020 гг. / Под ред. В.Ф. Логинова. Минск: Минсктиппроект, 2004.
7. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 2015 г. / Под общ. ред. С.Б. Мильнова. Минск, 2016.
8. *Ясовеев М.Г., Гледко Ю.А.* Геоэкологические проблемы разработки Микашевичского месторождения строительного камня // Вестник Белорусского государственного университета. Сер. 2. 2001. № 2, с. 71–76.

ИМИТАЦИОННОЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ПОИСКЕ РЕШЕНИЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ТЕХНОГЕННО-НАРУШЕННГО РЕЖИМА ГРУНТОВЫХ ВОД Г. РОСТОВА-НА-ДОНУ

А.В. Гридневский

Донской государственный технический университет, 344000 г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д.1.E-mail: st119@ya.ru

Вероятность риска подтопления в городской среде очень велика. Она возникает при техногенной деятельности и в значительной степени зависит от гидрогеологических условий. Для разработки эффективных схем реабилитации техногенно-нарушенных территорий важно решить две задачи: определить факторы, порождающие риск, и найти решения, приближающие водообмен городской системы и геологической среды к подобию природного состояния.

На примере центрального района города Ростова-на-Дону методом численного моделирования исследованы сложившиеся природно-техногенные гидрогеологические условия; проанализирована их чувствительность к воздействию искусственных факторов, нарушающих водообмен, и определены возможности реабилитации сложившегося баланса грунтовых вод.

Потери из 3860 км водонесущих коммуникаций города приводят к значительному и неравномерному подъему уровня грунтовых вод (УГВ). Проблема подтопления в городе отражена в работах К.А. Меркуловой [1], П.В. Есипенкова (1989), В.А. Приваленко [2]. Состояние водоснабжения отражено в Постановлении Администрации г. Ростова-на-Дону [3]. Ранее выполненные исследования заключалась в геологическом картировании и формировании сети наблюдательных скважин. Благодаря этим работам есть возможность исследовать динамику УГВ по трем временным точкам: 01.01.1975, 30.12.1988 и 01.05.2000 гг.

История нарушения баланса подземных вод в городе коррелирует с эволюцией водоснабжения. Последние 100 лет производительность водопровода постоянно возрастала ($м^3$/сут): 1911 г.– 20000, 1934 г.–103000, 1960 г.– 120000, 1977 г.– 160000, 1981 г.– 480000, 2017 г.–574000. За период в 1977 по 1981 гг. объем воды в водонесущих коммуникациях увеличился в три раза. При этом интенсивность отведения сточных вод отставала, нарастал износ водонесущих коммуникаций, трансформировался естественный рельеф. Карты гидроизогипс указывают на относительную стабильность УГВ в 1975-88 гг. Локальный подъем происходил на некоторых участках (крупные заводы, очистные сооружения водоканала, старые участки водопроводной сети). Однако к 2000 г. повышенная инфильтрация воды привела к увеличению площади территорий с глубиной залегания уровней подземных

вод 5 м. Режимными наблюдениями РостовДонТИСИЗа в отдельных точках зафиксирована скорость подъема УГВ 0,3-2,5 м/год.

Рассмотрим геологические предпосылки, обусловливающие техногенные нарушения функций геологической среды.

Геологическое строение. Самыми древними отложениями, определяющими инженерно-геологические условия города, являются морские глины нижне-сарматского яруса (N_1s_1) мощностью 10–15 м и кровлей на абсолютных отметках +12÷+15 м. Они служат региональным водоупором. Глины перекрыты комплексом (15÷20 м) водопроницаемых трещиноватых известняков сарматского яруса (N_1s_2), переслаивающихся известняков и песков мэотического (N_1m) и понтического ярусов (N_1p). Завершается толща отложениями (5÷15м) красно-бурыми плотных и водонепроницаемых скифских глин (Q_Esk) с кровлей на отметках +35÷+50 м. В четвертичном периоде они частично размыты овражно-балочной системой и реками. Плейстоцен-голоценовые отложения повсеместно представлены эолово-делювиальными лессовидными суглинками, делювиальными суглинками и песчано-глинистым аллювием в долинах рек. Мощность четвертичных отложений на водоразделах достигает 25-30 м.

В толще квартера присутствуют четыре погребенных почвенных горизонта: молого-шекснинский ($dQ_{III}ml$), микулинский ($eQ_{III}mk$), одинцовский ($eQ_{II}od$), лихвинский (eQ_Ilv). Они представлены тяжелыми суглинками и глинами, обладающими меньшей водопроницаемостью, чем остальная четвертичная толща. Количество погребенных почв максимально на водоразделах и выклинивается на их склонах в эрозионных врезах.

Гидрогеологические условия. Подземные воды насыщают четвертичные суглинки, а также неогеновые известняки, пески и песчаники. Грунтовые воды в четвертичных отложениях подстилаются водоупорными скифскими глинами (Q_Esk) и относительными водоупорами слабопроницаемых суглинков и погребенных почв (Q_{I-II}). Вследствие этого, процесс подтопления развивается быстрее на участках с относительными водоупорами, расположенными близко к поверхности земли. Разгрузка грунтовых вод происходит в неогеновые известняки и пески, в овражно-балочную сеть и реки, а также в гидрогеологические окна, образовавшихся при эрозии водоупорных четвертичных отложений. Абсолютные отметки УГВ меняются от 80 м на водоразделах до 1 м в долинах рек. Интенсивность дренирования грунтовых вод неоднородна и ограничена низкой водопроницаемостью, малыми гидравлическими уклонами на межбалочных пространствах.

Неогеновый водоносный комплекс объединяет гидравлически связанные хапровские (N_2hp), понтические (N_2p), мэотические (N_2m), сарматские (N_1s) песчаники, известняки и пески. Кровля водоупорных сарматских глин располагается на абсолютных отметках 16÷25 м. Свободная поверхность воды достигает абсолютных отметок 33м. Водонасыщенными оказываются трещиноватые и ноздреватые сарматские известняки, остальные неогеновые отложения почти безводны.

Для исследования природно-техногенного режима геофильтрации разработана численная гидрогеологическая модель. С ее помощью

количественно оценивалось воздействие рассмотренных факторов на динамику УГВ.

Параметры гидрогеологической модели. Модель разрабатывалась с поэтапным усложнением. Вначале водопроницаемая толща представлялась в виде однородного водоносного горизонта, далее – усложнялись детали фильтрационной неоднородности и граничных условий.

Область исследования площадью 3,0 х 9,0 км^2 ограничена руслами рек Темерник (запад), Дон (юг), постоянными водотоками в балках Безымянная (север), Кизитериновская (восток). Восточная часть северной границы принята водонепроницаемой и проведена по водоразделу поверхности подземных вод. В области фильтрации выделен безнапорный водоносный горизонт неоген- четвертичных отложений мощностью 10÷80 м с водоупором на кровле нижне-сарматских (N_1s_1) глин с абсолютными отметками +15м. Значения коэффициентов фильтрации (Кф=0,5 ÷0,7 м/сут) предварительно оценены по опытным откачкам, выполненным в ходе изысканий. Большие перепады гидростатических напоров по площади, а также переменное осушение-увлажнение блоков модели учтены ее вертикальной дискретизацией с шагом 1-3 м и моделированием эффекта подъема уровня воды в ненасыщенные (сухие) блоки. Коэффициент водоотдачи принят равным 0,2. Западная, южная и восточная границы модели заданы граничным условием I-рода по руслам рек Дон, Темерник и Кизитериновского ручья. Эрозионные врезы балок, влияющие на ход геофильтрации, моделировались граничными условиями III-рода. Фильтрационные сопротивления ложа рек (Кф= 0,05÷0,1 м/сут) и балок (0,4-0,6 м/сут) приняты на основании откачек, выполненных в непосредственной близости от русла, и уточнялись в ходе моделирования. Инфильтрация воды в грунт зависит от атмосферных осадков (570 мм/год для города), водопроницаемости поверхностного слоя грунтовой толщи и потерь из водонесущих коммуникаций. Сочетание этих факторов порождает неопределенность в оценке инфильтрации. Предварительно ее величина оценивалась в интервале 300÷400 мм/год.

Калибровка модели. Цифровая модель разработана в программной среде Visual modflow [4], реализующей численное решение уравнения Буссинеска фильтрации жидкости в пористой среде. Идентификация параметров модели выполнена подбором значений при многовариантном решении имитационных задач. Моделирование реализовано в стационарном режиме фильтрации. При этом считалось, что потери техногенных вод оставались до 1975 г. относительно стабильными. Уточнение параметров геофильтрации – водопроницаемостей грунтов (x_1), ложа рек (x_2), балок (x_3) и объема инфильтрации воды (x_4) – выполнено методом планирования экспериментов на основе полуреплики полного факторного ортогонального, ротатабельного плана 2^{4-1}. Адекватность модели оценивалась по сходству расчетной и фактической (на 01.05.1975г.) карт гидроизогипс. Отклонения определены в 16 точках наблюдения. По результатам экспериментов рассчитаны параметры регрессионного уравнения, связывающего критерий адекватности модели – среднюю невязку фактических и расчетных гидростатических напоров (y) – с вариацией указанных выше параметров:

$$y = 16,4+1,05x_1 – 13,9x_2 –3,94x_3+6,76x_4–0,741x_1x_2+2,76x_2x_3 –7,24x_1x_3, \quad (1)$$

Анализ уравнения (1) показывает, что наибольшее влияние на формирование потока оказывают эрозионные врезы балок (b_2= −13,9) и реки (b_3= −3,94), а также инфильтрационное питание (b_4=6,76). На основе полученной зависимости выбраны оптимальные по заданному критерию параметры модели (м/сут.): x_1=0,6; x_2= 1,0; x_3 = 0,05; x_4 = 300 мм/год.

В ходе численных экспериментов установлено критически важное влияние на распределение УГВ крупных балок (Генеральной, Черепахина, Мокрая и др.). Без их учета в модели практически невозможно достичь сходства фактической и расчетной карт гидроизогипс.

На следующем этапе модель применена для идентификации параметров, определивших формирование поверхности УГВ к 2000 г. и оценки локальных потерь воды. Изменения в распределении гидроизогипс обусловлены деятельностью крупных водопотребителей. В этот период в зоне аэрации города трансформировался баланс подземных вод. Слабопроницаемые средне- и нижнечетвертичные суглинки, а также скифские глины стали оказывать большее влияние на процесс геофильтрации. Этот эффект проявлялся в локальном подъеме УГВ.

Для учета более сложной структуры водоносного горизонта выполнено многовариантное имитационное моделирование. Это позволило идентифицировать фильтрационные параметры слабопроницаемых четвертичных суглинков и скифских глин, а также объема инфильтрации в наиболее вероятных участках техногенных потерь воды.

Установлено, что скифские глины проявляют свою экранирующую роль при водопроницаемости менее 0,05м/сут. Влияние прослоев нижне- и среднечетвертичных суглинков не критично для всей модели, но сказывается при формировании локальных подъемов УГВ. Трансформация режима УГВ происходит в точках наиболее интенсивных потерь воды.

Таким образом, на основе материалов инженерно-геологических изысканий и многовариантных расчетов разработана численная гидродинамическая модель геологической среды большой части городской территории. Она учитывает существенные системообразующие граничные условия, позволяет детализировать анализ геофильтрации на локальных участках и является, таким образом, инструментом поиска эффективных решений по реабилитации функций геологической среды.

Обсуждение. Водонепроницаемые скифские глины распространены в большей части города и являются водоупором техногенного водоносного горизонта. Однако в ряде случаев, формируются «подвешенные» водоносные горизонты при залегании основного водоупора на глубине 25-30 м. Они локализуются в межбалочных водораздельных пространствах. Здесь вскрыто максимальное количество погребенных почв и наибольшие мощности слабопроницаемых нижне- и среднечетвертичных отложений. Кроме этого, для водораздельных пространств характерны минимальные гидравлические уклоны потоков. Указанные особенности геологического строения благоприятны для скоротечного развития подтопления.

Остановить развитие подтопления в городской среде трудно из-за противоречивых интересов потребителей и поставщиков воды. Сооружение дренажей для понижения УГВ обременяет бюджет города и сопряжено с техническими сложностями взаимодействия с подземными коммуникациями. В природе же существует инструмент отведения избытка подземных вод – это овражно-балочная система. Выполненные исследования, указывают на исключительно удачное для города строение естественных дрен. Они формируют гидрогеологические окна в водоупорных скифских глинах, глубоко проникают в застроенные массивы и продолжают дренировать грунтовые воды даже на территориях, где они засыпаны.

Интересно отметить ряд положительных и негативных случаев инженерного использования природных дрен. В 1898 г. балка Генеральная (1500 м) была засыпана, одновременно в ней устроен первый коллектор ливневой канализации, который 120 лет отводит поверхностные и грунтовые воды в р. Темерник. Большая же часть улиц, спускающихся к р. Дон, расположена на засыпанных оврагах. Устройство свайных фундаментов в потоках подземных вод провоцировало угасание родников на берегах р. Дон или высачивание воды из-под фундаментов зданий. Некоторые многоэтажные здания возведены в тальвегах крупных балок и блокируют естественный дренаж.

Исследования на модели показывают высокую чувствительность потоков грунтовых вод к водопроницаемости естественных дрен. Это означает, что ресурсы реабилитации подтопленных территорий доступны и заключаются в максимальном использовании природных «инструментов» регулирования водного баланса территории. Оно заключается в корректном территориальном планировании, снижающем геологические риски подтопления; восстановлении дренажных свойств природных дрен; устройстве коллекторов, соединяющих территории интереса с ближайшими природными дренами. Для обеспечения подобных работ необходимо восстановление и детализация сети наблюдательных скважин, а также дифференцированные режимные наблюдения за верховыми и грунтовыми водами.

Заключение. Разработанная численная гидрогеологическая модель центральной части города позволила установить фильтрационные параметры и существенное влияние нижне- и среднечетвертичных слабопроницаемых суглинков и глин на локальное развитие подтопления. Оценена водопроницаемость основного водоупора города – скифских глин ($Q_E$sk). Исследована дренирующая способность развитой системы балок. Модель позволяет расчетным методом анализировать влияние потерь воды на формирование локального подтопления.

Экспериментами на модели установлено, что природоподобные технологии реабилитации подтопленных территорий могут быть реализованы за счет широко развитой эрозионной системы, разгружающей грунтовые воды естественным путем в неогеновый водоносный горизонт и речную сеть.

Литература

1. *Меркулова К.А.* Инженерно-геологические условия г. Ростова-на-Дону –Ростов н/Д: Изд-во РГПУ,2006. 32с.
2. *Приваленко В.А., Безуглова О.С.*МЭкологические проблемы антропогенных ландшафтов Ростовской области. Том.1. Экология города Ростова-на-Дону. Ростов-на-Дону: Изд-ва СКНВШ, 2003. 290 с.
3. Об утверждении актуализированных схем водоснабжения и водоотведения города Ростова-на-Дону на период до 2025 года: постановление Администрации г. Ростова-на-Дону. от 03.11.2018., №1119. 398с. // Официальный портал городской Думы и Администрации города Ростова-на-Дону. URL: http: // www. rostov-gorod .ru /page/ 4520/?ID = 4520&DETAIL = 700145
4. *Chiang W.-H., Kinzelbach W.* 3D-Groundwater Modeling with PMWIN A Simulation System for Modeling Groundwater Flow and Pollution.– Berlin: Springer, 2000. 342p .

МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫЕ ПОРОДЫ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ОСВОЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ КРИОЛИТОЗОНЫ

Е.Н. Долгополова

Институт водных проблем РАН, Москва119333 Москва, ул. Губкина 3.
E-mail: dolgopolova@gmail.com

Многолетнемерзлые породы (ММП) занимают более 50% территории России (10–10,7 млн км^2, побережье Северного Ледовитого океана, Сибири и Дальний Восток), 40–50% Канады, 80% Аляски и 20% Китая. Активная добыча полезных ископаемых в криолитозоне и изменение климата сильно влияют на температуру поверхности грунта, глубину активного слоя мерзлых грунтов и мощность ММП. Изменение свойств ММП вызывает существенное переформирование долин и устьев рек, расположенных в криолитозоне. Освоение территорий и разработка полезных ископаемых в зоне ММП приводит к учащению внезапных катастрофических ситуаций: провалы грунта, наводнения, разливы нефтепродуктов, пожары и т.п.

Захоронение высокотоксичных промышленных стоков при разработке нефтяных и газовых месторождений ведется в глубоко залегающие поглощающие горизонты, глубина залегания которых, согласно отечественной и мировой практике, изменяется от 600 до 3000 м [9]. Слой мерзлого грунта, перекрывающий поглощающий горизонт, считается дополнительным фактором, гарантирующим безопасность захоронения. Районы захоронений могут оказаться источником загрязнений при деградации ММП.

Глубина действующих нефтяных продуктивных скважин (общее число около 600 тысяч) достигает 5–6 км. Нефтяные и газовые скважины нарушают растительный покров, вызывают оттаивание мерзлого грунта и его просадку вокруг трубопровода [12].

Современное глобальное изменение климата приводит к таянию ледников, увеличению площади протаивания и частичной деградации ММП, к уменьшению мощности снежного покрова, сокращению площади морских льдов на шельфе, повышению уровня Мирового океана. Границы распространения ММП и их свойства на побережье Северного Ледовитого океана, морей Бофорта и Берингова приводятся в работах [3, 4]. Как показано в [11], миграция границы распространения ММП, приводит к образованию легкоразмываемых грунтов и катастрофических ям размыва в руслах рукавов дельты р.Маккензи, угрожающим целостности трубопровода.

Оценка скорости изменения свойств и мощности ММП необходима для прогнозирования экологического состояния среды обитания и рисков для конструкций, возведенных в криолитозоне. В данной работе приводится краткий обзор результатов изменений температуры воздуха и основных

характеристик грунта в зоне ММП.

Характеристики ММП. Основные характеристики, по которым оценивается состояние мерзлых грунтов, это: температура поверхности земли T_g, температура мерзлого грунта на разных глубинах T_g' и глубина сезонного оттаивания d. Периодические колебания T приводят к синхронным колебаниям d, к изменению ландшафта и, в результате к деградации мерзлых грунтов. Сплошные ММП превращаются в прерывистые, и далее в островные, активизируется термокарст, солифлюкция и термоэрозия, что приводит к сдвигу южной границы распространения ММП к северу. Хозяйственная деятельность человека также приводит к изменению всей структуры ландшафта ММП, так как льдистая основа грунта при естественной эволюции криолитозоны препятствует эрозии, а при техногенных нагрузках – усугубляет разрушение естественных ландшафтов.

Температура воздуха и грунтов на территории России. Увеличение среднегодовой температуры воздуха T в условиях потепления климата в криолитозоне приводит к изменению свойств мерзлых грунтов. Температура приповерхностного слоя атмосферы Земли в 2017 г. по сравнению с T, осредненной за период 1880–1920 гг. выросла на 1,17℃ [13]. Причем максимальное увеличение T – 2–3℃ наблюдалось в приполярных областях Северной Америки и России, и в центральных областях Сибири.

Исследование изменения T в северной полярной области России в широтной зоне 60–85° с.ш. [1] показало наличие положительного линейного тренда T~0,6℃ для всей рассматриваемой области в период 1936–2009 гг., а в более узкой широтной зоне 60–70° с.ш. тренд T ~0,8℃. Эти данные подтверждаются результатами наблюдений за более короткий период 1965 – 2005 гг. [7], когда максимальный рост T на 1,8–2,7℃ наблюдался в субарктических и умеренных широтах, в континентальных районах Якутии, Забайкалья, Западной Сибири (рис. 1). Однако авторы отмечают, что в начале XXI века рост T замедлился, а на некоторых постах зарегистрировано похолодание. Исследования корреляции T и T_g (рис. 1) [7] в континентальных районах России рост T существенно опережает T_g. Это территории прерывистых и островных ММП, где большая часть поступающего к Земле тепла расходуется на фазовые переходы в мерзлых грунтах, а также на уменьшение площади островов мерзлоты. Таким образом, в среднем течении рек могут образовываться более легко размываемые грунты.

Данные мониторинга многолетней мерзлоты на побережье Арктических морей [5] в период 1970–2005 гг. показывают тренды увеличения T_g и d (рис. 1). В России в зоне сплошного распространения ММП возникли новые талики, увеличилась d слоя протаивания, и активизировался термокарст. Сравнение изменения величин T_g и d по данным [7] и [5] показывает, что в районе устьев Оби, Лены, Колымы, Анадыря рост T_g приводит к некоторому увеличению глубины протаивания. В то же время, на станциях в устье р. Яны и в низовьях р. Индигирки за короткий период 1999–2008 гг. зарегистрировано уменьшение глубины протаивания.

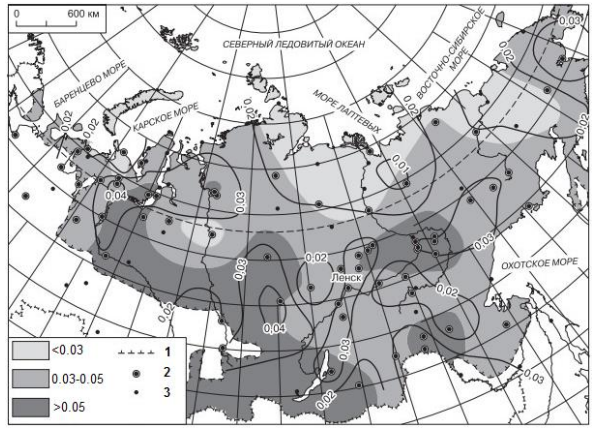


Рис. 1. Изменение температуры воздуха (оттенки серого) и грунта на территории ММП в России (граница криолитозоны – 1): T и T_g (за 1965 – 2005 гг.) в ℃/год, станции измерений T и T_g (2), станции измерения T (3) [7].

Наибольший сдвиг границы ММП к северу в период 1970–2005 гг. наблюдался на Европейской территории России (ЕТР) – в Печорской низменности на 30–40 км, на равнинах Приуралья– до 80 км [5]. Сравнение современных границ распространения ММП, приведенных в отчете комиссии Greenpeace в России за 2010 [6], с данными работы [5] и более ранней фундаментальной работы [8] не обнаруживает существенного сдвига границы распространения ММП к северу.

Температура воздуха и грунтов на территории Северной Америки. На территории долины р. Маккензи (Канада) представлены все типы распространения мерзлых грунтов (от сплошных до островных), поэтому используются данные об изменении T, T_g, T_g' и d в этом районе (рис. 2). Южная граница ММП в долине р. Маккензи 6–9 тыс. лет назад находилась севернее современного ее положения, так как наблюдался относительно теплый период [14, 16]. Анализ данных о смещении южной границы распространения ММП в бассейне р. Маккензи по разным источникам показал, что она двигалась в соответствии с изменением T от г. Форт-Норман (~64.5°с.ш.) на юге до г. Инувик (~68.2°с.ш.) [3]. При изменениях T особенно устойчивыми оказываются мерзлые грунты, находящиеся под слоем органических наносов и болотной растительности, в частности белого торфяного мха (сфагнума). В верховье р. Маккензи в период 1896–2011 гг. наблюдался устойчивый рост T [10] (рис. 3). Однако даже кратковременное понижение T в 1940-х годах на 2ºС сопровождалось движением границы распространения ММП в долине Маккензи к югу до 67.3°с.ш. Данные об увеличении T в дельте Маккензи на побережье моря Бофорта на 2,5°С начиная с 1970 г. подтверждают быстрый рост T на Арктическом побережье, отмеченный в [2].

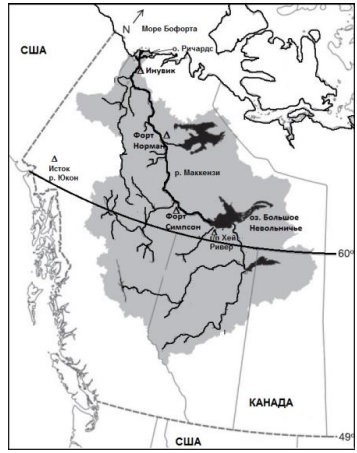


Рис. 2. Расположение бассейна р. Маккензи [15] и истока р. Юкон.

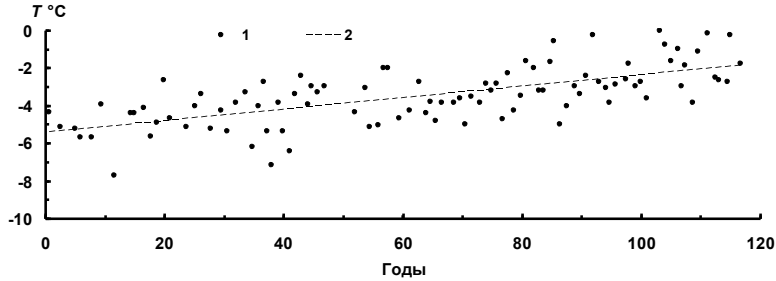


Рис. 3. Изменение *T* в верхнем течении р. Маккензи на г/п Хей Ривер на берегу оз. Невольничье за 1896–2011 гг. по данным [10]: 1 –*T*, 2 –линейный тренд.

Мощность сплошных мерзлых грунтов на территории устьевой области р. Маккензи изменяется в диапазоне 100–700 м. Рост T_g в этом районе в период 1970–2008 гг. составил 1,5–2,5ºС, глубина СТС увеличилась на 8 см за 1983–2008 гг. [2]. Зарегистрированный в 2005–2009 гг. рост *d* в районе дельты, привел к увеличению времени замерзания оттаявшего грунта в аллювиальных низинах (101 день) вдвое по сравнению со временем замерзания возвышенных и не столь увлажненных областей.

На Аляске наибольший рост *T* (~3,3ºС) в период 1949–2016 гг. зарегистрирован на северном побережье моря Бофорта [13]. В среднем течении Юкона *T* повысилась на 2–2,5ºС, а в низовье до 1,5ºС. На севере Аляски в период 1900 – 1980 гг. T_g увеличилась на 2–4ºС [6]. В районе дельты р. Колвилл увеличение T_g’ на глубине 1,2 м за 1999–2010 гг. составило 1,3ºС, в среднем течении реки рост T_g’ составил всего 0,5ºС. В результате увеличения *T*, T_g и T_g’ выросла скорость эрозии берегов потоков в дельте. Измерения глубины протаивания в предгорьях хребта Брукс за 2001–2011 гг.

[2] показали, что с учетом просадки подстилающего СТС грунта высокой льдистости d в дельте увеличилась на 0,25 м, а в верховье на 0,15 м. Существенно меньшее изменение d наблюдается без учета просадки грунта. Таким образом, обычное измерение глубины протаивания с помощью зондов может создать представление о стабильности или медленном изменении d, в то время, как происходит проседание грунта ММП. В южных районах бассейна р. Юкон за 1983–200 гг. T_g' на глубине 20 м повысилась от 0.3 до 1ºС [18]. В районе пос. Руби Ривер на р. Юкон средняя скорость оттаивания реликтовых мерзлых грунтов составляла ~0,04 м/ год до 2000 г., когда она увеличилась до 0,09 м/год.

Увеличение мощности активного слоя и разрушение мерзлых грунтов, вплоть до исчезновения ММП, может способствовать дренированию приповерхностного слоя грунта и, таким образом, осушению болот, прудов и озер. Усыхание термокарстовых озер и других водных объектов отмечается в различных районах в низинах Юкона на Аляске и в Сибири. Таяние верхнего слоя ММП приводит к чрезмерному увлажнению и нестабильности мерзлых грунтов и повышенной эрозии.

Выводы. Анализ данных о состоянии ММП в России и Северной Америке показал, что в России деградация мерзлых грунтов происходит, в основном, в Европейской части. Несмотря на повышение T_g и увеличение d в ряде районов Сибири и Дальнего Востока современные карты распространения ММП не показывают существенных сдвигов границы ММП в этих районах.

Дополнительные станции наблюдений за состоянием мерзлых грунтов в рамках Международного Полярного Года (IPY), организованные в Северной Америке, дали получить новые данные о температуре грунта, показавшие, что T_g в горных районах верхнего и среднего течения р. Юкон выше, чем прогнозировалось по данным наблюдений климатических постов [10]. Существенная миграция границы ММП и усыхание озер, отмеченные в верховьях рек Маккензи и Юкона, приводят к формированию легкоразмываемого поверхностного слоя грунта, что является одной из причин аномально большого стока наносов рек Юкона и Маккензи [16].

Авторы [5, 7] отмечают катастрофический недостаток данных геокриологических стационаров, и необходимость совместного анализа более длинных рядов d и T, для выявления тенденции в состоянии ММП.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания № АААА-А18-118022090056-0.

Литература

1. *Алексеев Г.В., Радионов В.Ф., Александров В.И.* и др. Климатические изменения в Арктике и северной полярной области // Проблемы Арктики и Антарктики. 2010. Т.84. №1. С. 67 – 80.

2. *Добровольский С.Г.* Глобальные изменения речного стока. М.: ГЕОС, 2011. 660 с.

3. *Долгополова Е. Н., Исупова М. В.* Особенности формирования дельт в зоне многолетней мерзлоты: на примере устьев рек Лена и Маккензи // Тр. IV Всероссийской конференции «Ледовые и термические процессы на водных объектах России». М: Изд-во КЮГ. 2013. С. 270-277.

4. *Долгополова Е. Н., Котляков А.В.* Многолетнемерзлые породы в устьевых областях арктических рек России // Лед и Снег. – 2011. - № 1 (113). – С. 81-92.

5. Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем: под ред. С.М. Семенова. М.: Росгидромет. 2012. 508 с.
6. Основные природные и социально-экономические последствия изменения климата в районах распространения многолетнемерзлых пород: прогноз на основе синтеза наблюдений и моделирования. Отчет «Совет Гринпис». М.: ОМНИО. 2010. 43 с.
7. *Павлов А.В., Малкова Г.В.* Мелкомасштабное картографирование трендов современных изменений температуры грунтов на Севере России // Криосфера Земли. 2009. Т. XIII. № 4. С. 32–39.
8. *Павлов А. В.* Мониторинг криолитозоны. – Новосибирск: Академическое изд-во: «Гео». 2008. 229 с.
9. *Севастьянов О. М., Захарова Е.Е.* Подземное захоронение жидких производственных отходов нефтегазовой отрасли России // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2011. Т.6. № 1.
10. *Coleman K. A. et al.* Tracking the impacts of recent warming and thaw of permafrost peatlands on aquatic ecosystems: a multi-proxy approach using remote sensing and lake sediments // Boreal Environmental Research. 2015. V. 20. P. 363–377.
11. *Dolgopolova E.* Sediment flow at the river mouths of the permafrost zone // Proceedings of 10th International SedNet Conference “Sediments on the move”, 14-17.06, 2017. Genoa, Italy.
12. *Gorelik J.B., Soldatov P.V., Seleznev A.A.* Thermal stability of frozen ground at sitesof well clusters in the Yamburg gas condensate field // EARTH’S CRYOSPHERE, 2015, v. XIX, No. 1, P. 53–60.
13. *Hansen J, Sato M., Ruedy R., Schmidt G.A., Persin A.* Global temperature 2017 // Print 18 January 2018. P. 1–5.
14. *Holmes R.R.Jr.* Measurement of Bedload Transport in Sand-Bed Rivers: A Look at Two Indirect Sampling Methods // U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010-5091, Rolla, Missouri. 2010. P. 236 – 252.
15. *Rood S. B., Kaluthota S., Philipsen L. J. et al.* Increasing discharge from the Mackenzie River system to the Arctic Ocean // Hydrological Processes. 2017. V. 31. P. 150–160.
16. *Scott K. M.* Effects of Permafrost on Stream Channel Behavior in Arctic Alaska // Geological Survey professional paper 1068. – Washington: United States Government Printing Office. 1978. P. 1 – 19.
17. *Shiklomanov N. I., Streletskiy D. A., Little J. D., Nelson F. E.* Isotropic thaw subsidence in undisturbed permafrost landscapes // Geophysical Research Letters, 2013. V. 40, P. 1–6.
18. *Smith S.L., Burgess M.M.* Mapping the response of permafrost in Canada to climate warming // Geological Survey of Canada (Current Research). – 1998. – P. 163-171.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРОДОВ В ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ И ТЕХНОГЕННО НАГРУЖЕННЫХ РАЙОНАХ

В.Г. Заиканов, Т.Б. Минакова, Е.В. Булдакова, И.С. Сависько

Институт Геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, 101000, Уланский пер., д.13, стр.2, а/я 145, Москва, Россия +7 (495) 607-78-73 e_buldakova@mail.ru

В связи с усилением урбанизации, особенно в последние десятилетия, важное значение приобретает обеспечение экологической безопасности городских территорий, включая геоэкологическую безопасность. В последние годы наметился тренд редевелопмента городских территорий с накопленными негативными геологическим и экологическим факторами, к которым в частности относятся города в горнопромышленных районах. Часто под строительство отводят неудобные для освоения участки, где технические объекты оказываются в зонах действия опасных геологических процессов, с отмечающимся постоянным или периодическим воздействием физических полей природного и/или техногенного происхождения. В этом случае возникает вероятность экологического риска деградации природной среды, т.е. возникновение экологической опасности.

Постоянно растущие потребности в минеральном сырье вызывают необходимость интенсивного развития горной промышленности, для нужд которой изымаются значительные территории, нарушаемые в процессе разработки полезных ископаемых. Просчёты в градостроительстве и недостаточное внимание к проблеме нарастающего техногенного воздействия на территориях большинства моногородов, которые, как правило, оказываются тесно связаны с функционированием крупных горнопромышленных предприятий РФ приводят к еще большему ухудшению качества среды и формированию зон экологического риска.

Проблемой обеспечения экологической безопасности города является установление реального и социально-приемлемого уровня взаимодействия природной и техногенной составляющей на его территории, не допускающего возникновения чрезвычайных ситуаций и экологических катастроф. Учитывая тенденцию расширения застраиваемых площадей, целесообразно в качестве объекта оценки геоэкологической безопасности урбанизированных территорий принять урбогеосистему – природно-функциональное образование, определяемых в процессе последовательной дифференциации территории, основанием выделения которых являются результаты взаимодействия объектов экономики с компонентами природы [4, 5].

Территории многих городов и поселков городского типа подвергаются воздействию различных типов экзогенных геологических процессов (ЭГП). Около 40% территории России, где живут более 20 млн чел., является сейсмически опасной. В ее пределах расположено 330 крупных населенных

пунктов, в том числе 103 города. К зонам высокой сейсмической опасности приурочены многие объекты повышенной экологической опасности (атомные, гидро- и тепловые электростанции и др.). Под угрозой цунами находятся территории 9 городов и нескольких десятков населенных пунктов. Оползнеопасные районы занимают около 40% площади России. Оползни развиваются на территории 725 городов, а частота их проявлений достигает до 20 раз в год. По площади охватываемых территорий и наносимому материальному ущербу наводнения превосходят все остальные природные процессы. В год происходит до 10 крупных наводнений. Опасностям лавин подвержено 5 городов, селей - 9. В целом по стране опасен карст в 301 городе, суффозия в 958 городах, плоскостная и овражная эрозия в 734 городах и т.д. [2]. Потенциальному затоплению могут подвергаться в разное время 746 городов [8].

Освоение территорий со сложными инженерно-геологическими условиями, к которым относятся города горнопромышленных районов - актуальная задача городского планирования. Непригодные по естественным условиям земли, в среднем составляют 10-15%, а в отдельных городах достигают 35-40%. Немалую долю среди них занимают городские овраги и балки.

Для города характерны последствия постоянного воздействия опасных объектов экономики, транспорта и прочих факторов, являющихся причиной повышенного уровня вибрационного и акустического фона, а также геохимического загрязнения территории при аварийных выбросах и сбросах и т.д. В промышленной сфере наибольшее количество техногенных аварий случается на подъемных сооружениях, на магистральных трубопроводах, на объектах газоснабжения и в угольной промышленности. Согласно статистике, в России насчитывается около 12,5 тыс. потенциально опасных объектов, из них около 8 тыс. относятся к категории пожаро- или взрывоопасных, 3,8 тыс. - к химически-опасным предприятиям, и 0,8 тыс. - к категории гидродинамически опасных. Радиационную угрозу несут 68 объектов [6].

Ежегодно в России происходит до 800 чрезвычайных ситуаций техногенного и природно-техногенного характера, 250 тысяч пожаров на предприятиях и в жилых домах.

Анализ различных данных показывает, что набор геоэкологических опасностей для конкретного города будет свой. Однако можно выделить серию опасных геоэкологичсеких процессов наиболее типичных для городов России: наводнения и овражная эрозия, подтопление и свалки. Так, на урбанизированных территориях УФО наиболее широкое развитие получили опасные ЭГП, обусловленные природно-техногенными факторами: процессы оседания и обрушения поверхности над горными выработками; карстово-суффозионные, оползневые, криогенные процессы, овражная эрозия, подтопление [3]. На Южном Урале и в Предуралье в границах Республики Башкортостан каждый четвертый населенный пункт находится в зонах развития экзогенных геологических процессов. Наибольшее распространение и воздействие на населенные пункты оказывает береговая эрозия рек и

карстовые процессы. В г. Уфе и его окрестностях за последние 50 лет зафиксировано около 30 случаев деформации оснований и фундаментов из-за карстовых процессов [1]. Среди крупных населенных пунктов Сахалина площадь поражения опасными природными процессами составляет: в г. Невельск - 90%, г. Макаров – 88%, г.Холмск – 61% [7].

Анализ нормативно-законодательной базы показал, что понятие «экологическая безопасность» на законодательном уровне впервые сформулировано в федеральном законе «Об охране окружающей среды». Однако в настоящее время не существует четких критериев для ее обеспечения.

С учетом современных трендов развития городов, назрела острая необходимость разработать теоретические и методические подходы по обеспечению их экологической безопасности на основе комплексного анализа основных геоэкологических опасностей.

В новой редакции федерального закона «О безопасности» №390-ФЗ от 28 декабря 2010 г. Одним из ключевых моментов этого правого акта является выделение экологической безопасности как самостоятельного вида безопасности. В Экологической доктрине РФ (2002) экологическая безопасность также определяется как одна из составляющих национальной безопасности, некая совокупность природных, социальных, технических и других условий, обеспечивающих качество жизни и безопасность жизни и деятельности проживающего на данной территории населения и обеспечение устойчивого состояния биоценозов, биотопов, естественных экосистем.

Таким образом, термин «экологическая безопасность» является, с одной стороны, самостоятельным правовым понятием; с другой стороны, экологическая безопасность часто трактуется в сочетании с другими понятиями - «рациональное природопользование», «устойчивое развитие», и не даются четкие критерии по оценке экологической безопасности, в том числе на урбанизированных территориях.

Анализ литературных источников показал, что геоэкологическому аспекту безопасности в составе экологического блока не уделяется должного внимания. В то же время к геоэкологическим опасностям из числа природных можно отнести эндогенные и экзогенные геологические процессы, гидрометеорологические явления - затопление, природно-техногенные – подтопление. Из всех ежегодных природных катастроф и чрезвычайных ситуаций в России 35% приходится на наводнения, 8% - на землетрясения и 21% - на оползни, обвалы, сели и др. К 2020 г. среднее число возникающих (регистрируемых) лесных пожаров в стране возрастет до 52,9 - 54,4 тыс. случаев, против 34 тыс. случаев в 2009 г. [8]. Эти данные указывают на важность геоэкологических факторов и необходимость их рассмотрения при оценке экологической безопасности городской территории, выделяя в самостоятельный блок. Поэтому термины «геоэкологическая опасность» и «геоэкологическая безопасность» вполне уместны, хотя они и требуют расшифровки и обоснования. Геоэкологическая безопасность городов должна рассматриваться применительно к урбогеосистемам.

Под геоэкологической безопасностью городов понимается природная и техно-природная способность урбогеосистем минимизировать или исключать неприемлемый риск для объектов экономики и человека при реализации внешних и внутренних опасностей.

По характеру воздействия опасности могут быть разрушительными, парализующими, истощающими, ухудшающими. Опасности могут иметь взрывной, стремительный, умеренный, плавный характер. Легче прогнозировать социальные, политические, экономические системы, чем стихийные бедствия. Для оценки уровня каждой из опасностей необходимо выбрать основные признаки систематизации, которые будут определяющими при последующей оценке безопасности городов.

Общепринятой систематизации геоэкологических опасностей на сегодня не существует. Подходы к их систематизации будут зависеть от целей и решаемых задач для ее достижения.

В настоящее время природные и техногенные опасности редко рассматриваются вместе, в то время как прямая и косвенная их взаимозависимость очевидна. Поэтому основная задача выполненных исследований заключалась в выборе перечня приоритетных для городов опасностей как природного, так и техногенного характера и в его обосновании.

Предлагается два подхода к систематизации. Первый подход соответствует принятым геологическим классификациям, при котором процессы разделяются на классы, виды и группы по признаку генезиса. В разработанной систематизации выделяется четыре класса. В первый класс вошли все возможные геологические процессы и явления, даже не являющиеся опасными. На первый взгляд, кажется странным учет опасностей, не характерных для городских территорий. Однако, учитывая, что урбанизированная территория, приравниваемая к территории со статусом «городской округ», может охватывать бывшие муниципальные районы целиком, то на таких территориях возможно развитие любых негативных процессов и явлений.

Второй подход опирался на разработку систематизации природных и техногенных опасностей для последующей оценки геоэкологической безопасности урбанизированных территорий. В результате изучения исходных материалов, включая генпланы городских округов, было выявлено около 50 видов опасностей. По критерию частоты их встречаемости для последующего анализа было отобрано 27 видов.

Из числа признаков систематизации были выбраны четыре: вероятность события, продолжительность воздействия, возможность прогнозирования и ожидаемые последствия и предпринята попытка обоснованного ранжирования рассматриваемых видов опасностей по этим признакам, предварительно взвешенным между собой, с привлечением экспертного метода. Любой вид опасности оценивался по четырем названным признакам, каждый из которых рассматривался по трем категориям «да - может быть - нет». По результатам выполненной количественной оценки проведено ранжирование опасностей.

В итоге первый вариант систематизации будет полезным при выявлении опасностей на конкретных территориях, при рассмотрении прогнозных вариантов последствий в результате реализации угроз. Второй – при оценке степени безопасности урбанизированных территорий (при условии проведения более полной и достоверной экспертной оценки значимости признаков и опасностей между собой, проводимой применительно не только к отдельным видам опасностей, но и – к возможным их сочетаниям на одной и той же территории). Ранжирование опасностей – первый шаг к разработке индексов геоэкологической безопасности городов России, как практический вклад в систему управления национальной безопасностью страны.

Дальнейшие исследования в этом направлении - это разработка подходов к комплексной оценке природных и техногенных опасностей с учетом уязвимости реципиентов на основе систематизации геоэкологических факторов. Эффективность рассмотренных принципов и двух подходов к систематизации геоэкологических опасностей должна быть определена по результатам апробации на модельных участках. Многофакторность проявления природных и техногенных опасностей, ограниченность исходной информации по урбанизированным территориям и экономическим показателям – все это определяет специфику и сложность расчета уровня геоэкологической безопасности.

Литература

1. *Абдрахманов Р.Ф., Мартин В.И., Попов В.Г., Рождественский А.И.,Смирнов А.И., Травкин А.И.* Карст Башкортостан. – Уфа: Информреклами, 2002. – 384 с.

2. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Системные исследования чрезвычайных ситуаций. М.: МГОФ «Знание», 2015. – 864 с.

3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году». – М.: Минприроды России; НИА-Природа. – 2017. – 760 с.

4. *Заиканов В.Г., Минакова Т.Б.* Геоэкологическая оценка территорий. – М.:Наука. 2005. – 319 с.

5.*Заиканов В.Г., Минакова Т.Б., Матвеева Л.А.* Геоэкологическое районирование и градостроительное зонирование поселений уровня «городской округ – город» // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – №1. 2018. – С.68-78.

6. Опасные объекты http://fb.ru/article/352805/kakie-obyektyi-otnosyatsya-k-potentsialno-opasnyim-i-gde-oni-raspolojenyi

7. Опасный остров. Природные риски Сахалина// Инженерная защита http://territoryengineering.ru/vyzov/opasnyj-ostrov-prirodnye-riski-sahalina/

8. Прогноз основных опасностей (угроз) жизнедеятельности человека на территории России до 2020 г. https://studopedia.ru/7_58315_prognoz-osnovnih-opasnostey-ugroz-zhiznedeyatelnosti-cheloveka-na-territorii-rossii-do-g.html

АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СОЛИКАМСКОГО ГОРОДСКОГО ОКРУГА В АСПЕКТЕ РЕГУЛИРОВНИЯ ЗЕМЕЛЬНО-ПРАВОВЫХ ОТНОШЕНИЙ

Е.А. Карфидова[1], В.М. Макеев[1], А.П. Сизов[2], И.М. Кравченко[1], Е.А. Пикулик[1]

[1]Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, 101000 Москва, Уланский пер. 13, стр. 2.
E-mail: e.karfidova@yandex.ru
[2]МИИГАиК, г. Москва 105064, Гороховский пер., 4

Соликамский городской округ является частью Соликамского муниципального района (рис. 1), на территории которого расположена значительная часть Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (ВКМКС). Для геоэкологической оценки преобладающее значение имеют факторы горнопромышленного воздействия на жилую застройку и природные территории. В этой ситуации необходим анализ нарушенных земель, которые находятся в окружении земельных участков недропользования; учет указанных земель надлежащим образом не осуществляется. Планируемое увеличение разведки и добычи полезных ископаемых на территории Соликамского городского округа в сочетании с несовершенством управления и контроля за землями недропользования, практическим отсутствием государственного мониторинга земель и недостатками учета в государственном кадастре недвижимости формируют напряженную геоэкологическую ситуацию в рассматриваемом районе.



Рис. 1. Кадастровые границы Соликамского района 59:34 (слева) и Соликамского городского района 59:10 (справа). А, Б, В – кадастровые кварталы природной зоны.

Краткая характеристика природных условий. ВКМКС расположено в бассейне среднего течения р. Камы и ее притоков в зоне эрозионно-денудационного поднятия с абсолютными отметками от 108,0 м до 220,0 м [1, 2, 5]. Главным водотоком является р. Кама с большим количеством притоков, включая левобережную р. Усолка. В поймах большинства рек района имеются озера-старицы, образовавшиеся в результате прорыва и отчленения речных извилин. Болота распространены как в приречных долинах, так и на пониженных местах водоразделов [6].

По количеству выпадающих осадков (600-700 мм в год) рассматриваемая природная зона относится к зоне избыточного увлажнения. Количество атмосферных осадков превышает испарение, что обусловливает их существенную роль в формировании водного баланса территории, в том числе стока рек. Преобладающая часть рассматриваемой территории (более 60%) покрыта лесом с преимущественным развитием хвойных пород [1].

С геологической точки зрения территория ВКМКС находится в пределах западного склона Среднего Урала. Непосредственно месторождение представлено в форме крупной двояковыпуклой линзы, залегающей в разрезе Соликамской раннепермской впадины [2]. В геологическом строении исследуемой территории (до глубины разработки ВКМКС) принимают участие раннепермские (преимущественно соляные и терригенно-карбонатные) и четвертичные (преимущественно глинистые и песчаные) отложения [1, 5].

По гидрогеологическому районированию территория Соликамского городского округа принадлежит к Предуральскому сложному бассейну блоково-пластовых вод. Основным источником их питания являются атмосферные осадки, превышение которых над испарением определяет высокий сток рек и их подземное питание. В пределах ВКМКС выделяют два гидрогеологических этажа, разделенных соляной толщей-водоупором: верхний (надсолевой) и нижний (подсолевой). Промышленные пласты калийной залежи расположены внутри соляной толщи, что обусловливает в естественных природных условиях их абсолютную гидрогеологическую изолированность. Вся надсолевая толща насыщена водой. Водоносные комплексы слабо изолированы друг от друга, имеют гидравлическую связь между собой и с поверхностными водами[5].

Внутрисолевые воды представлены рассолами, находящимися в физико-химическом равновесии с вмещающими породами. Истечение рассолов происходит в виде увлажнения стенок выработок, капежей, высачивания, различных форм высаливания. Капельные выделения образуются при бурении шпуров и подземных скважин. Минерализация рассолов может достигать 450 г/л. Нижний гидрогеологический этаж включает в себя 6 водоносных комплексов: нижнепермско-верхнекаменноугольный карбонатный (P_1-C_3), московский (C_2m), башкирско-верхневизейский (C_2b-C_1v_3), средне-нижневизейский терригенный ($C_1v_{2\text{-}1}$), турнейско-верхнедевонский карбонатный (C_1t-D_3) и верхне-среднедевонский терригенный (D_3-D_2). В подсолевых комплексах преобладают воды *Na-Ca* и *Ca-Na* геохимического типа с минерализацией 200-290 г/л [5].

Особенности развития горнопромышленного района. Соликамский муниципальный район богат полезными ископаемыми: залежами нефти, газа, каменной соли, песка для строительства, гравия, известняка, а также подземными водами. В районе имеются огромные запасы солей натрия, калия, магния, в рудах обнаружены редкие химические элементы. Крупнейшими недропользователями являются ОАО «Уралкалий», "Сильвинит", ООО «Верхнекамская калийная компания». Открыто 14 нефтяных месторождений, 9 из которых разрабатываются тремя компаниями: ООО "ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ", ООО "УралОйл" и ООО "Единые нефтепромысловые энергетические системы", 5 месторождений находятся в нераспределенном фонде. Также открыты торфяные месторождения, которые образовались в поймах рек. Их ботанический состав представлен гипново-осоковыми и древесно-осоковыми торфами. Степень их разложения и зольность достаточно высокие [6].

В процессе разработки месторождений происходит техногенное *изменение гидрогеологических условий и напряженно-деформированного состояния (НДС) массива как разрабатываемых, так и вышележащих пород*. В результате этого по контуру горных выработок может формироваться зона повышенной трещиноватости, в пределах которой породы приобретают пониженные прочностные свойства и повышенную газо-флюидную проницаемость. В случае с ВКМКС это способствует проникаию подземных вод из надсолевой толщи в соляную, что приводит к уменьшению несущей способности кровли горных выработок, к образованию так называемых «коржей» и трещиноватости в охранных блоках месторождения. В этой ситуации возможно образование негативных явлений. Так, в пределах ВКМКС с 1986 г. произошло 7 крупных провалов, два из них - непосредственно в Соликамском районе.

Для обоснования геоэкологических исследований на территории ВКМКС следует привлекать данные структурно-геоморфологического районирования [2]. В поймах рек и на надпойменных террасах необходимо выделять так называемые *зоны воздействия соляных отвалов*. Подчеркнем, что питание и степень минерализации подземных вод в значительной степени зависит от распределения поверхностного стока. В этой связи важно выполнить моделирование сети этого стока.

Для полновесной геоэкологической оценки горнопромышленного района необходимо комплексное и детальное изучение гидрологических и гидрогеологических условий территории и, в особенности, оценки закономерностей распределения поверхностного стока в зависимости от современных деформаций земной поверхности. Предметом исследований должны быть не только учтенные земли недропользования, но и соседние неучтенные земельные участки в различной степени деградации, что является особенно важным в связи с Постановлением правительства РФ «О проведении рекультивации и консервации земель» и «Правилами проведения рекультивации и консервации земель» [3]. Расходы на рекультивацию (консервацию) неучтенных нарушенных земель ложатся тяжким бременем на бюджет городского округа. Как показал анализ

федеральных и региональных докладов о состоянии и использовании земель, государственный мониторинг земель в Пермском крае за 2015-2017 гг. не проводился, что не соответствует федеральным требованиям к государственному земельному надзору.

Оценка геоэкологической ситуации. Учитывая особенности интенсивного развития горнопромышленного района, возникает потребность решения первоочередных задач оценки геоэкологической ситуации в городском округе: идентификация неучтенных источников загрязнения, оценка их воздействия на окружающую среду, анализ баланса землепользования. Для проведенного экспресс-анализа экологической ситуации были использованы открытые картографические ресурсы: Публичная кадастровая карта, Планета Земля и данные дистанционного зондирования LandCover.

Неучтенными источниками загрязнения атмосферного воздуха, поверхностного стока и подземных вод являются солеотвалы на территории городского округа (рис. 2).

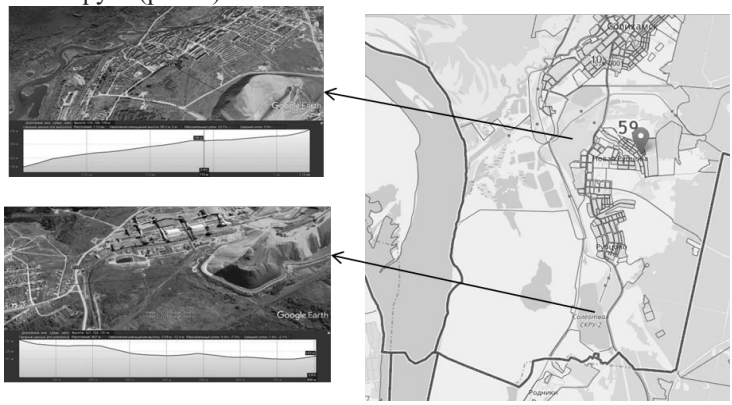


Рис.2. Источники горнопромышленного воздействия внутри Соликамского городского округа (справа), слева - трехмерное представление солеотвалов и профили по ближайшему расстоянию до жилых кварталов.

На территории городского округа в кадастровых кварталах 59:10:0501003 и 59:10:0501005 располагаются два соляных отвала. Первый расположен в пределах СКРУ-1 (кадастровый квартал 59:10:0501003), на высоком левом берегу р. Усолка на расстоянии 500 м от жилой зоны и 1000 м до реки. Относительная высота основания солеотвала над урезом воды в р. Усолка – 67 м, средний уклон склона – 6%. Высота солеотвала – 30-40 м. Поверхностный сток с солевого отвала является не только загрязненным, но и нагружает склон и содействует развитию овражной эрозии. Второй солеотвал расположен в пределах СКРУ-2 (кадастровый квартал 59:10:0501005), на расстоянии 750 м от жилой зоны. Уклон ориентирован в сторону р. Кама. Высота солеотвала – 40-50 м. Таким образом, жилой район Рубцово находится между зонами воздействия двух солеотвалов.

Анализ данных по кадастровому учету недвижимости показал следующее: а) информация о принадлежности к категории земель, объединяющей земли промышленности, транспорта и др. земли, не может использоваться в анализе землепользования; б) данные об использовании земельных участков либо отсутствуют, либо не соответствуют действующему порядку учёта; в) присутствует значительная доля неучтенных земель. Классификатор видов разрешенного использования земельных участков [4] вводит позиции, связанные с недропользованием: 6.0 – производственная деятельность в целях добычи недр, 6.1 – недропользование. Вид разрешенного использования – важнейшая информация для анализа землепользования и оценки геоэкологической ситуации, что имеет принципиальное значение для развития системы территориального планирования в горнопромышленном районе.

Анализ баланса землепользования проведен по границе, примыкающей к водоохранной зоне р. Камы, исторической природной зоны. На ее территории располагаются озера, затон, озера-старицы, болота, леса, объекты лесного хозяйства (на рис. 1 – левая часть городского округа). Результаты экспресс-анализа баланса землепользования в рамках кадастровых кварталов исторической природной зоны приводятся в табл. 1.

Таблица 1.

Результаты экспресс-анализа баланса землепользования

№	Номер кадастрового квартала	Площадь (кв.км)	Неучт. земли (кв.км)	Уд. вес неучт. земель (%)	Преобладающий характер использования
1-А	59:10:0409001	25,4	12,7	50,0	Лесное хозяйство и водные объекты
2-Б	59:10:0501001	6,2	2,5	40,0	Недропользование
3-В	59:10:0501006	14,0	7,5	75,0	Лесное хозяйство и водный объект
Всего		45,6	22,7	50,4	



Рис. 3. Неучтенный водный объект в квартале В на спутниковом снимке (май 2014 г.), используемый как приемник сбрасываемых загрязненных вод.

Анализ земельного покрова городского округа по данным LandCover [7] показал полное отсутствие растительного покрова (BareLand) на территории

кадастрового квартала Б и большей части кадастрового квартала В (рис. 1, 3), что вызвано изменением экологического статуса природной территории. Анализ исторических снимков (Планета Земля) показал, что неучтенный водный объект в кадастровом квартале В меняет не только цвет, размеры, но и определяет наличие протоков к Каме (рис. 3).

Таким образом, результаты пионерного этапа оценки геоэкологической ситуации на территории Соликамского городского округа показывают острую необходимость регулирования земельно-правовых отношений в части земель недропользования. Необходимы существенные изменения в организации кадастрового учета земель, нарушенных горнопромышленным воздействием на жилую застройку и природные территории, а также в осуществлении их мониторинга и проведении контрольно-надзорных мероприятий. В этой связи особую актуальность приобретает задача изучения экологической ситуации горнопромышленного района для учета ее в региональной модели территориального планирования.

Литература

1. *Кудряшов А.И.* Верхнекамское месторождение солей. 2-е изд., перераб. – М., Эпсилон Плюс, 2013.
2. *Макеев В.М., Макарова Н.В., Дорожко А.Л., Суханова Т.В., Коробова И.В., Бондарь И.В.* Неотектоника и современная геодинамика территории Верхнекамского месторождения калийных солей // Вестник Пермск. ун-та. Геология– 2017. Т. 16. № 4,с. 354-369.
3. Постановление Правительства РФ от 10.07.2018 № 800 «О проведении рекультивации и консервации земель» (вместе с "Правилами проведения рекультивации и консервации земель") // http://www.consultant.ru/(дата обращения – 30.11.2018)..
4. Приказ Министерства экономического развития РФ от 01.09.2014№ 540 "Об утверждении классификатора видов разрешенного использования земельных участков"// http://www.consultant.ru/(дата обращения – 30.11.2018).
5. *Соловьев. В.А., Секунцов А.И.* Разработка калийных месторождений: практикум.– Пермь, Изд-во Пермск. нац. исслед. политехн. ун-та. – 2013.
6. http://solikamsk-raion.ru/infr/cities/schem/ (дата обращения – 30.11.2018).
7. http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp (дата обращения – 30.11.2018).

ВЛИЯНИЕ НОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ПОДТОПЛЕНИЕ Г. ПЕРМИ

И.Ю. Килин

ЕНИ ПГНИУ, г.Пермь, ул.Букерева, 15. E-mail: il.kilin@mail.ru.

Геологическая среда в последние десятилетия при интенсивной застройке претерпевает существенные изменения вследствие техногенной активизации инженерно-геологических процессов: карст, подтопление, эрозия, оползни, переработка берегов рек и как следствие проявления аварийных ситуаций, вызванных деформациями оснований зданий и сооружений.

Основными формами рельефа территории являются аккумулятивно-эрозионные террасы и пойма. Абсолютные отметки изменяются от 92 до 180 м (система г. Перми). На территории г. Перми выделяется пойма, четыре надпойменных террасы р. Кама, высокая равнина. Город расположен на восточной окраине Русской плиты Восточно-Европейской платформы. В геологическом строении территории принимают участие разнообразные комплексы горных пород. Кристаллический фундамент сложен интрузивными породами архея - нижнего протерозоя, осадочный чехол – осадочными породами от верхнего протерозоя до четвертичной системы. На поверхность выходят коренные породы шешминского горизонта уфимского яруса нижнего (приуральского) отдела пермской системы.

Район г. Перми относится к Волго-Камскому артезианскому бассейну и расположен в пределах Камской гидрогеологической области (Шимановский Л.А., Шимановская И.А., 1973). Основным источником питания подземных вод служат атмосферные осадки. В пределах зоны активного водообмена выделяются: локально-слабоводоносный аллювиальный горизонт, объединяющий аллювиальные отложения поймы, I и II аккумулятивных и III эрозионно-аккумулятивной террас р. Камы. Горизонт вскрывается скважинами до глубины 10-15 м и более, однако в большинстве случаев подземные воды вскрываются в интервале глубин от 1 до 5 м. Литологический состав горизонта представлен песчано-гравийными отложениями; сверху перекрываются песками, суглинками и глинами. На пойме и низких террасах прослеживается гидравлическая связь подземных вод с водами р. Камы (Воткинское водохранилище). Коэффициенты фильтраций для песков изменяются от 0,1 до 9,8 м/сут, для гравелистых пород - 6-10 м/сут. Для песчано-гравийных отложений коэффициенты фильтраций варьируют от 4 до 56,3 м/сут [3].

Проницаемый локально-слабоводоносный горизонт аллювиально-делювиальных и покровных отложений IV надпойменной террасы и высокой равнины представлен в разрезе толщей покровных суглинков и глин, обогащенных в нижней части гравийным материалом. Ранее на этих территориях подземные воды встречались на глубинах 5-10 м, реже 3-4 м. В

настоящее время из-за подтопления подземные воды встречаются на глубинах менее 2,0 м. Коэффициенты фильтрации для суглинков - 0,05-0,2 м/сут, для глин - менее 0,05 м/сут.

Слабоводоносный локально-водоносный шешминский терригенный комплекс нижней перми. Водовмещающими породами являются песчаники и трещиноватые алевролиты, водоупорами служат аргиллиты. Питание подземных вод шешминского водоносного комплекса преимущественно атмосферное. Дебиты скважин изменяются от 1,27 л/с (110 $м^3$/сут) до 3,3 л/с (285 $м^3$/сут). Максимальные дебиты приурочены, как правило, к зонам тектонических нарушений, трещиноватости, песчаниковому типу разреза. При бурении отдельных скважин, наблюдался переток воды из верхних водоносных слоев в нижние. Коэффициенты фильтрации отложений от 0,015 м/с (аргиллиты) до 16,9 м/с (песчаники) [1,2]. При бурении скважин отмечается наличие спорадического водоупора в верхней части шешминского комплекса, он представлен элювием аргиллита мощностью от 1,5 до 3,5м.

Подземная гидросфера быстро реагирует на техногенные воздействия в городской среде, в верхней части разреза формируется верховодка. Верховодка образуется в неблагоприятные периоды года, при утечках из водонесущих коммуникаций, из-за различных фильтрационных свойств грунтов. Мощность слоя верховодки от 1,0 до 3,5 м, водовмещающими грунтами являются глины, суглинки с коэффициентами фильтрации 0,01-0,2м/сут. Верховодка сливается с грунтовыми водами, образуя единый водоносный горизонт.

Разгрузка верхней части горизонта грунтовых вод происходит в сторону естественных дрен, на юг и запад в сторону р. Мулянка, и в сторону малых рек Данилиха и Егошиха. Общее направление стока - в сторону р. Кама. Виды разгрузки: в виде родников в долинах рек Данилиха, Егошиха, Мулянка, а также в виде многочисленных родников дающих начало притокам третьего порядка (р. Стикс, р. Грязнушка, р. Светлушка). Наблюдаются также мочажины с элементами пластовой разгрузки в районе прилегающего к железнодорожной насыпи в районе Пермь-2 и Черняевского лесопарка. Дебиты родников изменяются от 0,05 до 16,6 л/с из песчаников, из алевролитов от 0,1 до 2 л/с (Костарев В.П., 1985).

Гидрохимические показатели верхней части горизонта грунтовых вод, приуроченных к аллювиально-делювиальным грунтам Q и верхней части шешминских отложений P_1, говорят о химическом загрязнении подземных вод. Воды в основном HCO_3-Ca-Mg, HCO_3-Ca-SO_4, HCO_3- SO_4-Ca, SO_4-HCO_3-Na фаций с минерализацией от 0,5 до 1,5 г/$дм^3$. В нижней части горизонта на гидрохимические показатели влияют природные факторы (загипсованность разреза), обеспечивая минерализацию выше 1г/$дм^3$.

Причины подтопления подземными водами:

Территория центральной части города Перми в 1930-е гг. относилась к практически неподтопленной, а в 1990-е годы стала практически подтопленной территории. В настоящее время принят новый генплан города, который уплотняет существующую застройку. В последние годы интенсивно застраивается центр города жилыми и административными зданиями с

подземными парковками. Строительство ведется в районах старой застройки, это вызывает изменение сложившихся гидрогеологических условий, что еще больше активизирует процесс подтопления. При этом не только повышается уровень грунтовых вод, но изменяется их химический состав, вода приобретает часто агрессивные свойства, меняется влажность и консистенция грунтов зоны аэрации, ухудшаются прочностные и деформационные свойства. Все это в совокупности приводят к аварийным ситуациям. Существенный вклад в изучение гидрогеологических условий внес ОАО «ВерхнекамТИСИЗ». Этой организацией в 1980-1985 гг. были систематизированы материалы изысканий по территории г. Перми и даны прогнозные оценки по подтоплению. Установлены общие причины подтопления: наличие слабоводопроницаемых глинистых отложений, недостаточная естественная дренируемость, утечки воды из водонесущих коммуникаций, отсутствие ливневой канализации в большинстве районов, нарушение поверхностного стока, планировка поверхности, засыпка естественных дрен, барражный эффект, снижение испарения под зданиями и асфальтово-бетонными покрытиями, влияние водохранилищ [3].

Центральная часть г. Перми - это районы старой застройки, многочисленные исторические здания, у которых фундаменты состоят из бутового камня на известковым растворе или опираются на лаги из лиственницы. Пятиэтажная застройка («хрущевки») построены в основном с использованием ленточных заливных или ленточных сборных железобетонных фундаментов. Точечная современная застройка (единичная или комплексная) высотными зданиями с глубокозалегающими фундаментами и подземными парковками существенно изменяют гидрогеологические условия прилегающих территорий. Близкое залегание подземных вод, низкие коэффициенты фильтрации, значительные уклоны грунтового потока 0,01-0,045 создают условия для подтопления.

Свайные фундаменты и заглубленные части зданий перекрывают естественный сток порово-грунтовых вод, приуроченных к суглинкам, глинам, супесями и пескам, обогащенным в нижней части гравийным материалом. Перед зданиями со стороны области питания возникает барражный эффект, происходит подъем подземных вод (Рис.1).

Барражный эффект – эффект, возникающий вследствие полного или частичного перекрытия водоносного горизонта подземным сооружением или его частью, проявляется в подъеме уровня подземных вод перед преградой фильтрационному потоку и его снижением за ней (СП 22.13330-.2016 Основания зданий и сооружений).

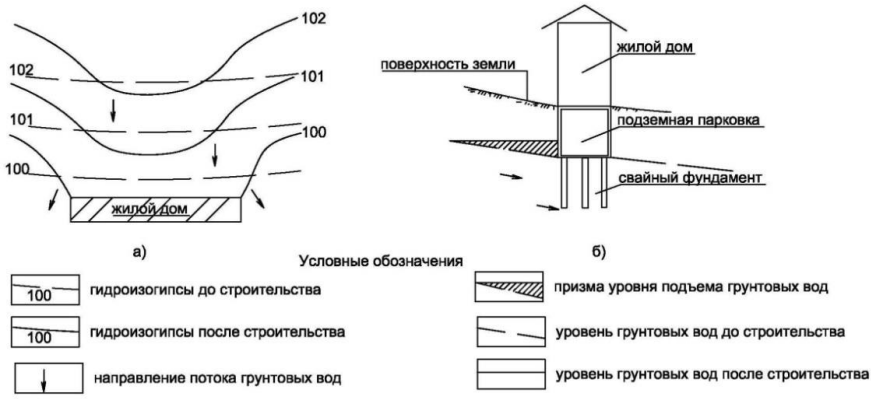


Рис. 1. Схема возникновения барражного эффекта.

В результате подтопления прилегающей территории уменьшается зона аэрации, ухудшаются физико-механические свойства грунтов, что приводит к деформациям фундаментов зданий старой застройки, имеющих фундаменты мелкого заложения (ленточные, сборные железобетонные), подтоплению фундаментов и конструкций подземных парковок вновь построенных зданий. Недоучёт этих факторов влияния на строительство приводит к дополнительным затратам на ликвидацию последствий подтопления уже после строительства. Важным звеном при проектировании отдельных домов при точечной застройке и целых комплексов, является правильность расположения их относительно направления потока подземных вод. Подземные части зданий и их фундаменты являются (при близком залегании подземных вод) преградой потоку подземных вод. Благоприятным вариантом размещения зданий будет являться расположение длинных осей зданий параллельно потоку подземных вод. Возникновение барражного эффекта будет зависеть и от фильтрационных свойств грунтов: чем меньше коэффициенты фильтраций, тем выше будет подъем УГВ. Рассмотрим некоторые случаи возникновение барражного эффекта при строительстве новых зданий и ремонте старых.

Новое строительство фундаментов высотных домов с подземными парковками по ул. Энгельса спровоцировало барражный эффект. Так, после забивки свайного поля в котловане забили три родника, и пришлось срочно строить дренажи и отводить воду из котлована. Подъем воды составил 0,6 м.

Строительство подземной парковки и фундаментов жилого дома по ул. Пушкина также привело к барражному эффекту. Котлован под строительство был огражден инъекционными сваями, произошел подъем уровня грунтовых воды со стороны ул. Краснова, причем подъем уровня произошел не только в результате естественных причин, но и в результате утечек из водонесущих коммуникаций (порыв канализации). Подъем воды составил 2,2 м. Замачивание грунтов под зданием старой застройки по ул. Краснова привело к ухудшению их физико-механических свойств. В результате этого пол

подвала деформировался, на здании появились трещины. По материалам обследования лабораторией гидродинамических процессов ПГНИУ (Фетисов В.В.) было выполнено моделирование барражного эффекта с помощью программного обеспечения для моделирования фильтрации MODFLOW. Результаты моделирования не противоречат данным инженерно-геологического обследования и говорят о подъеме уровня грунтовых вод.

Барражный эффект может происходить не только при естественном потоке подземных вод, но и в случае аварийных ситуаций на водонесущих коммуникациях. Аварийная ситуация произошла с жилым домом по ул, Гащкова 28Б. Дом построен на склоне р. Язовая, со стороны склона имеется подпорная стенка. В 2005 г. после прорыва водовода, расположенного выше по склону, произошло затопление подвала дома, образовалась техногенная верховодка в насыпных грунтах, произошло разжижение грунтов и их выдавливание под основание стенки. Подъем воды от основания стенки составил 6,0 м. При прорыве воды в основании образовались полости и разуплотненные зоны, что привело к просадке подпорной стенки, это вызвало деформацию фундаментов, несущих конструкций дома. Дом комиссией архстройнадзора был признан аварийным. В данном случае барражный эффект был спровоцирован прорывом водовода и наличием подпорной стенки, которая способствовала накоплению большого количества воды.

В здании старой постройки по ул. Куйбышева при ремонте в подвальном помещении была встроена подземная парковка. Здание находится на участке склона к р. Данилиха. На момент обследования парковка была подтоплена подземными водами, со стены, обращенной к склону сочилась вода. В ходе обследования выяснилось, что подземные воды в суглинистых грунтах со стороны склона водораздела вскрыты на глубине 0,5 м от поверхности земли, при глубине подвала 3,5 м. Кроме этого, со стороны склона был обнаружен кабельный канал, который полностью был затоплен водой. Барражный эффект на данном объекте произошел в результате близкого залегания подземных вод и наличия водоподводящего кабельного канала, который послужил техногенной дреной. Подъем воды составил более 3,0 м.

Здание железнодорожного вокзала Пермь I (здание исторической застройки) расположено под склоном поперек потока грунтовых вод. На момент обследования подвал был частично затоплен. Шурфы, пройденные у стены, обращенной к склону, вскрыли подземные воды на глубине до 2,0 м, что выше дна подвала на 1,5 м. Возникновению барража у стены здания и залегающих ниже фундаментов, способствовали естественный поток подземных вод и утечки из водонесущих коммуникаций.

Рассмотренные случаи возникновения барражного эффекта можно разделить на несколько типов. Первый тип: возникновение барражного эффекта связано с естественным природным потоком подземных вод, так как уровни залегания грунтовых вод постоянно меняются в течение года, и барражный эффект напрямую зависит от их уровня. Максимальные значения подъема уровней можем ожидать при обильных дождях и в паводок. Второй тип: техногенный барраж, связанный с авариями на водонесущих

коммуникациях, будет носить временный характер до устранения аварий, причем он может возникнуть и зоне аэрации, как произошло с жилым домом по ул. Гашкова 26Б. Третий тип: природно-техногенный (смешанный), когда возникновению барража будут способствовать утечки из водонесущих коммуникаций и природные факторы.

Выводы. Территория центральной части г. Перми в 1930 гг. относилась к практически неподтопленной, а по исследованиям «ВерхнекамТИСИЗа» в 1980-1990 гг. она отнесена к практически подтопленной. В настоящее время интенсивная застройка высотными зданиями исторических районов приводит к масштабным изменениям гидрогеологических и инженерно-геологических условий. Практически любое строительство в городе в настоящее время невозможно без применения мероприятий по организации водопонижения и устройства дренажных сооружений. Подтопление оказывает существенное влияние на ухудшение свойств грунтов. Это требует разработки специальных мероприятий, обеспечивающих усиление фундаментов зданий старой застройки.

Для решения вопросов по прогнозу подъема уровня воды, изучения химического состава, агрессивности подземных вод, решения экологических проблем необходимо проведение ежегодных режимных наблюдений.

Литература

1.Димухаметов Д.М. Опасные геологические процессы на левобережной территории г.Перми (суффозия, подтопление, эрозия). дис.канд.геол.-минерал.наук: 04.00.01. Пермь, 2000. 219с.
2.Катаев В.Н., Щукова И.В. Подземные воды г.Перми. Пермь, 2006. 142с.
3. Отчет о комплексных инженерных изысканиях с целью изучения процесса подтопления территории г.Перми для обоснования «Комплексной схемы инженерной защиты г.Перми от опасных геологических процессов», ВерхнекамТИСИз, 1985, арх.№2791.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ БЛАГОПОЛУЧИЕ И ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ КАК КРИТЕРИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Г.В. Клименков

Пермский филиал ФГБУН Институт экономики УрО РАН, г. Пермь 614046, г. Пермь, ул. Барамзиной, 42/2. E-mail: kgv_perm@mail.ru

Миссия администрации любого уровня состоит в решении проблем устойчивого развития территории, при этом главной задачей необходимо считать повышение качества жизни (жизнедеятельности) населения, где решение экологических проблем является основным ограничителем и регулятором устойчивого развития.

В соответствии с действующими в мире представлениями об оценке устойчивого развития территории, Программа должна разрабатываться в соответствии с определенными целевыми установками, ресурсами и ограничениями, которые вводятся в управление, критерии оценки и мониторинг развития. В числе других (социальная, экономическая, институциональная составляющие) в современных условиях на приоритетные позиции выходит экологическая ценность и безопасность. Экологические ограничения определяют внутренние и внешние ресурсы (потенциал) – территориально-административные, технологические, финансовые, природные, интеллектуальные, трудовые (кадровые, человеческие). Экологические ограничения влияют на формирование и развитие инфраструктуры (социальной, экологической, экономической, институциональной, инновационно-инвестиционной и т.п.), а в последующем и на совершенствование системы управления, нормативно-правовую деятельность, ведение научно-методической, кадровой работы, материально-техническое и финансовое обеспечение, построение системы финансового менеджмента в регионе, развитие местного самоуправления и т.п. Система разрабатываемых программ, проектов, подпрограмм и подпроектов, с одной стороны, формируют систему проектной деятельности и проектной культуры разработчиков и реализаторов Программы, систему развивающих и развивающихся отношений, рефлексивно-деятельностной развивающей среды, а другой стороны, в контексте программно-целевого подхода выстраивает развитие сфер, отраслей, альянсов для достижения ожидаемых результатов (социальных, экономических, институциональных, экологических).

Вся совокупность работ укладывается в два контекста – 1) изменения, совершенствования содержания и технологий работы на всех уровнях, 2) формирование рефлексивно-деятельностной развивающей среды в регионе. Первый контекст предполагает две целевые установки – а)

формирование взаимообусловленного поведения как жизненной необходимости (прежде всего с экологических позиций) и б) построение «поведенческой профилактики» (структуры и системы отношений) на всех уровнях. Второй контекст также предполагает две целевые установки – а) формирование среды (когда на всех уровнях определена зона ответственности, содержание и технология работы) и б) формирование и развитие системы мониторинга (регламентация деятельности в соответствии с зонами ответственности с позиции условий, процесса и результата).

Перечисленное выше описывает суть управления на региональном уровне с позиции экологии и качества жизни (жизнедеятельности). Наши исследования нашли отражения в Концепции экологической политики Пермской области, в разработке которой автор публикации принимал активное участие [1].

Остановимся более подробно на категории качества жизни, как наиболее сложной для построения критериев оценивания, в том числе и по причине нахождения в ее составе экологической составляющей.

Качество жизни проявляется в легкости или затрудненности удовлетворения потребностей и наличия возможностей для достижения целей как индивидуумом, так и для групп людей. Качество жизни определяется двумя взаимообусловленными категориями – состоянием здоровья и видами благополучия. Состояние здоровья определяется состояниями: здоров, болен и предболезнь. Виды благополучия – соматическое, психическое, социальное и духовное благополучие. Более подробно взаимосвязь видов благополучия и состояний здоровья описана в нашей монографии (Основы здоровьесберегающей жизнедеятельности, Пермь, 2002) [2]. С позиции индикаторов устойчивого развития для повышении качества жизни (качества жизнедеятельности) возможны различные подходы к наполнению содержания. Тем не менее, анализ показал, что следует выбрать три основных направления:

- повышение уровня жизнедеятельности в производственной и непроизводственной сфере;
- повышение уровня жизни большинства жителей (через доходы и расходы населения) по объективным и субъективным показателям;
- повышение уровня индивидуального и общественного здоровья и репродуктивной деятельности.

Решение проблемы реального улучшения качества жизни требует изменения содержания и технологий работы административных органов и формирования «развивающей» среды.

Качество производственной жизнедеятельности населения региона можно оценивать рядом социальных показателей: это, прежде всего, трудоустройство по специальности, создание возможностей для горизонтальной и вертикальной трудовой мобильности населения; дополнительными индикаторами качества трудовой деятельности на территории следует считать занятость населения, текучесть рабочей силы, структуру безработицы, численность безработных, численность ищущих

работу и потенциальную текучесть кадров.

Объективная оценка может проводиться по гигиеническим критериям и классификации, основанных на принципах дифференциации условий труда по степени отклонения параметров производственной среды и трудового процесса от действующих нормативов, а также влиянием трудовой деятельности на функциональное состояние и здоровье работающих. Устанавливается доля физического и умственного труда, характер трудового процесса, классы условий труда, возможный риск возникновения профессионально обусловленной патологии, травматизма, бытовые характеристики условий труда.

Субъективно ощущения от трудовой деятельности носят позитивный или негативный характер: сложность труда, творческая насыщенность, интеллектуализация труда, социально-профессиональная ориентация, угроза увольнения, ориентация на повышение квалификации и соответствующие мотивы. Кроме того, важные субъективные индикаторы: удовлетворенность работой (без учета фактора оплаты труда), ориентация на смену профессии, сферы деятельности, отраслевой принадлежности, степень соответствия образования и квалификации содержанию и характеру труда, требованиям конкретного рабочего места, участие в управлении производством.

Качество внепроизводственной жизнедеятельности можно оценивать с помощью специальных индикаторов. Объективными следует считать*:* обеспеченность и качество жилья (площади, уровень благоустройства, инфраструктура). Основной субъективный индикатор – удовлетворенностьжилищными условиями.

Объективными индикаторами обеспеченности населения товарами и услугами служат: индекс насыщенности потребительского рынка, уровень индивидуального потребления основным продуктов и товаров, покупательная способность средней заработной платы, объем потребления услуг (платных и бесплатных), а субъективные–удовлетворенностькачеством товаров и услуг.

Объективными индикаторами качества жизни населения в муниципальном образовании следует считать обеспеченность и удовлетворенность населения услугами сферы образования, культуры, медицинского обслуживания и защищенность от нарушений прав, свобод личности, физической защищенности на территории.

Второй блок оценки качества жизни – «уровень жизни», оцениваемый индикаторами доходов и расходов и субъективная удовлетворенность собственными доходами, характером их распределения, а также наличие возможностей для оптимизации и удовлетворения потребностей.

В блок «Здоровье и репродуктивная деятельность» вводится несколько групп показателей, в том числе индикаторами здоровья и репродуктивной деятельности выступает ряд объективных демографических показателей (рождаемость, смертность, продолжительность жизни), заболеваемость и ее особенности, характеристика браков, мотивы разводов, репродуктивные установки.

Степень денатурации среды обитания на территории региона служит важным объективным фоновым критерием качества и условий жизни, причем

оценка предусматривает мониторинг комплекса физических, химических показателей среды обитания (соответствие допустимым уровням и ПДК), а также длительность пребывания населения на загрязненных территориях, разработку и схему реализации перспективных планов оптимизации окружающей среды [3].

Субъективно оценивается состояние флоры и фауны в местах проживания, удовлетворенность состоянием окружающей среды, установка на смену места проживания.

Параметры благополучия функционирования и развития территорий обычно выстраивается на региональном уровне с учетом рекомендованных интегрированных показателей. В соответствии с этими показателями должен строиться рейтинг территории и осуществляться стимулирование развития.

В соответствии с качеством жизнедеятельности на территории муниципального образования, региона определяются приоритетные направления функционирования и развития, как «золотые звенья цепи», за которые можно будет «вытягивать» решение большинства имеющихся проблем, что позволяет выстроить и совершенствовать систему программно-целевого управления устойчивым развитием Пермского края.

Основой для построения системы программно-целевого управления в новых условиях является разработка и реализация Стратегий, Стратегических планов и Программ устойчивого развития региона, территорий (муниципальных образований, поселений), что и предусматривает реализация Федерального закона №131 о развитии местного самоуправления.

Осуществление программ, предполагает, во-первых, концентрацию в муниципальном образовании ресурсов, и, во-вторых, составление и реализацию соответствующих программ на более низких уровнях управленческой иерархии, которые, в свою очередь, выступают подпрограммами программ более высокого уровня [4]. Эти условия можно предусмотреть заранее, в частности, путем формирования системы балансов (натуральных, стоимостных, трудовых и финансовых), позволяющих выявить источники пополнения ресурсов, и определить комплекс мер по повышению эффективности работы субъектов хозяйствования.

Программа является нормативно-правовым документом, причем основным документом общественного согласия (в том числе и в первую очередь – с позиции среды жизнеобитания, качества жизни). Разработка и реализация Программы входит в состав работ, связанных с формированием обязательного перечня государственных документов, необходимых для деятельности исполнительной и законодательной власти, ведомства [4]: план мероприятий и бюджеты на один (1) и на 3 года (2), Программа устойчивого развития на 5-8 лет с соответствующим прогнозным планом мероприятий и бюджетом (3), Стратегический план устойчивого развития (4) на среднесрочную перспективу (10-15 лет) и Стратегия устойчивого развития на 25-30 лет (5).

В рамках работы нашего филиала (директор филиала – д.э.н., проф. Пыткина А.Н.) в составе ИЭ УрО РАН ведутся фундаментальные, поисковые и прикладные исследования в области экономики (аспекты адаптации

институтов общества, отраслей, сфер, предприятий к рыночным условиям), которые напрямую связаны с управлением качеством жизни. Ведется разработка и сопровождение программ устойчивого развития, основанной на измерении и повышении социальной ответственности бизнеса, государства, региональной и муниципальной власти. В совместной работе с муниципальными образованиями и корпоративными структурами производится подготовка квалифицированных системных аналитиков, которые в последствии будут принимать участие в разработке и реализации инновационных стратегий развития регионов разных масштабов. Например, подобные работы велись в Пермском районе Пермской области, в Березовском районе Свердловской области, в Советском районе Ханты-Мансийского автономного округа – Югра (всего – более 27 территорий по РФ).

Разработанны Экспертные Системы Ситуационного Управления (ЭССУ) как программные средства: Система приобретения знаний «Помощник Эксперта» (функциональное назначение – построение концептуальной модели предметной области и описания ситуационного пространства), Инструментальная ЭССУ, «Малый Решатель Проблем» (формирование продукционных баз знаний прикладных ЭССУ и обеспечение их функционирования); Проблемно-ориентированная ЭССУ «Руководитель» (разработка ситуационных тренажеров-имитаторов, предназначенных для обучения руководителей принятию управленческих решений и оказания им информационной поддержки).

Системы достаточно широко апробировались как для решения практических задач, так и для обучения[5]. Так ЭССУ и тренажер «Руководитель» широко применялись для построения моделей ряда муниципальных образований, для разработки стратегических планов развития регионов, в частности Санкт-Петербурга, ХМАО-Югра, отдельных муниципальных образований. На базе тренажера «Руководитель» уже более 5 лет ведется обучение и повышение квалификации работников МО регионов России. На основе ЭССУ «Малый Решатель проблем» и системы приобретения знаний «Помощник эксперта» разработан ряд прикладных моделей и систем управления. Создан банк моделей проблемных ситуаций МО (в том числе и экологических), который постоянно пополняется. Все системы полезны как непосредственно для поддержки принятия решений, так и для обучения навыкам системного, проблемного мышления.

Литература

1. Постановление Законодательного Собрания Пермского края от 22 апреля 2004 г. №1380 «О принятии концепцииэкологической политики Пермского края до 2010 года».[Электронный ресурс]. – URL: http://docs.cntd.ru/document/911508632(дата обращения: 25.11.2018).
2. Основы здоровьесберегающей жизнедеятельности (введение в индивидуальное здоровье): Методическое пособие по курсу "Нормальная физиология" / В.Г. Афанасьев, Е.Г. Офрихтер, Г.В. Клименков, М.Л. Кононова, М.Д. Берг / под общ.ред. проф. В.М. Смирнова. Пермь: Перм. гос. мед.академия, Центр развития образования им. С.О.Ветлугина г. Перми, Пермь, 2002. 142 с.
3. Модернизация социально-экономического развития муниципальных образований: В 2 т./РАН, УрО, Ин-т экономки; под общ.ред. А.И. Татаркина; [редкол.: А.И. Татаркин (предисл.) и др.]. – М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2006., 1 т. - 445 с., 2 т. - 481 с.
4. Научные, методические и информационные материалы по разработке и реализации Стратегии, Стратегического плана и Программы устойчивого развития муниципального образования // Под научн. ред. к.т.н., Г.В. Клименкова / Пермский филиал Института экономики Уральского отделения Российской академии наук. – Пермь.: ООО «Издательский дом «Ника», 2008 – 322 с.
5. *Кукор Б.Л., Клименков Г.В.* Адаптивное управление промышленным комплексом региона: теория, методология, практика. / Под общ.ред. Б.Л. Кукора. – Екатеринбург-С.Петербург: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук, 2017. – 306 с. (17,3 п.л.) (Монография) ISBN 978-5-94646-576-2

ЗАДАЧИ И СОСТОЯНИЕ РАДИОЭКОЛОГИИ АХАНГАРАНСКОГО РЕГИОНА РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

М.Т. Мирзакулов

Научно-технический центр АГМК, 110100, Республика Узбекистан, г. Алмалык, ул. Амира Темура, 53. E- mail : Mister.MIR2015@mail.ru

В Республике Узбекистан приоритетной задачей по охране окружающей среды является формирование общей стратегии природоохранной деятельности республики для создания условий перехода страны на путь устойчивого развития, предполагающего определение приоритетных экологических проблем, выбор средств их решения и проведение соответствующих организационных и специализированных преобразований [6].

Известно, что на территории Центральной Азии горы занимают огромные площади. В составе горных пород представлены почти все химические элементы периодической системы. Отдельно стоит выделить проблему воздействия радиоактивных элементов семейства урана, радия и тория. Вмешательство человека в природные процессы и циклы с целью изменения ландшафта или бездумной добычи полезных ископаемых всегда приводит к нарушениям экологического баланса. Охрана окружающей среды, бережное отношение к природным ресурсам, ограничение вредных выбросов в атмосферу и гидросферу в последние десятилетия становится актуальным для всего человечества. Во многих странах предпринимаются меры по переходу производств на безотходные технологии, использование альтернативных источников энергии, оптимальную переработку отходов различных производств, очистки сточных вод и т.д.

В контексте этих шагов по улучшению экологической обстановки отдельного внимания заслуживает изучение, сбор данных наблюдений, сопоставление результатов исследований, принятие мер по оптимизации конкретных шагов и улучшению радиоэкологической обстановки в регионе. Без комплексного изучения путей поступления и распределения в биологическом круговороте радиоактивных элементов невозможно решение вопросов, связанных с нормальной жизнедеятельностью человека. В Республике Узбекистан радиоэкологическая обстановка во многих регионах остаётся неоднозначной. Это связано с тем, что загрязнение происходило и происходит естественными радионуклидами семейства урана, тория, калия, рубидия и др. Производства урандобывающей промышленности в Республике находятся в двух основных регионах – Центрально-Кызылкумском и Чаткало-Кураминском. В первом, Центрально-Кызылкумском функционирует Навоийский горно-металлургический комбинат по добыче многих металлов в том числе урана. В Чаткало-Кураминском регионе находятся неработающие рудники с отвалами

рудовмешающих пород и забалансовых руд, расположенные в горной местности. Все эти недействующие рудники начали разрабатываться в 50-е годы прошлого века в бывшем СССР, когда перед страной стояла первостепенная задача – повышенными темпами добыть как можно больше урана для создания ядерного оружия. В 1948 г. в юго-западных отрогах Чаткальского хребта в междуречье Чирчика и Ангрена геологами флюоритового отряда Узбекского геологического управления, работавшего под руководством Красногорской экспедиции, было открыто месторождение Алатаньга, а в 1949 г. отрядом Центральной ревизионной партии Экспедиции открыто месторождение Каттасай. Здесь к концу 1949 г. были организованы геологоразведочные партии, где были сосредоточены основные объёмы поисковых и разведочных работ. Нужно отметить, что открытию урановых месторождений в междуречье Чирчика и Ангрена во многом способствовали металлогенические исследования Е.Д. Карповой по прогнозам которой в этом регионе в 1948 г. и были начаты поисковые работы Красногорской экспедиции, приведшие впоследствии к открытию ещё целого ряда урановых месторождений: Чаули (1952 г.), Чаркесар (1953 г.), Майликатан (1954 г.), Резак (1955 г.) и Джекиндек (1956 г.). В процессе разработки и эксплуатации этих урановых месторождений важнейшая задача по добыче и переработке урановых руд для создания достаточной и надёжной сырьевой базы в государстве, была успешно решена в весьма короткие сроки.

В обстановке холодной войны вопросам переработки и долговременного хранения радиоактивных отходов урановой промышленности (РАО) уделялось второстепенное значение, а финансирование строительства хранилищ осуществлялось по остаточному принципу. Обращение с имеющимися колоссальными количествами отходов урановой промышленности – процесс трудоемкий, требующий больших затрат, а при переходе к рыночной экономике проблемы не исчезли, а стали острее. В период интенсивной добычи руда извлекалась, сортировалась и затем направлялась на переработку в цеха Навоийского горно-металлургического комбината (Республика Узбекистан) и Ленинабадского горно-химического комбината (в настоящее время – ГП «Востокредмет») в городе Чкаловск, Республика Таджикистан [10]. Значительная часть отходов, образовавшихся в результате этой сортировки, хранилась на площадках рудников в районах добычи. Снятые с балансового учета низкосортные руды из районов первоначальной добычи в Центрально-Кызылкумской провинции перевозились, главным образом, в предместья Учкудука, где они сбрасывались в отвалы и где они находятся по сегодняшний день. Эксплуатация большинства рудников в Республике Узбекистан прекратилась в 1980-е гг. Рабочие зоны многих территорий рекультивированы не были. Подземные выработки (штольни и штреки) затоплены, и рудничные воды с высокими уровнями содержания урана, радия и сопутствующих токсичных металлов можно обнаружить в некоторых из старых рудников.

В настоящее время добыча урана в республике осуществляется только методом подземного химического выщелачивания. Таким образом, значительная часть снятых с балансового учета руд и отходов на

предприятиях по добыче и переработке урана, которые содержат различные концентрации урана, тория и продуктов их распада, образовалась в результате более ранней их деятельности [9].

Извлечение урана из руд по современным технологическим схемам редко превышает 90%. Следовательно, относительно большое количество урана попадает в отвалы с твердыми отходами, а часть растворенного урана теряется с жидкими отходами. Твердые отходы, в состав которых входят пески – 80% и шламы – 20%, содержат около 70% твердых естественных радионуклидов, оставшихся нерастворенными. Эти отходы вместе с жидкими сбрасываются в хвостохранилища, которые представляют собой комплекс сооружений уранового гидрометаллургического предприятия.

Основная доля твердых радионуклидов находится в горных породах и почве преимущественно в состоянии рассеяния, вызванного действием многих геологических и геохимических факторов. Это обстоятельство является причиной гетерогенности естественного радиационного фона на Земле. Существенная роль в процессах миграции и перераспределения твердых радионуклидов принадлежит наземной растительности, поскольку фитоценозы с их подземной и надземной массой составляют доминирующую часть общего живого населения в большинстве природных ландшафтов. Известно, что растения способны не только поглощать практически все твердые радионуклиды, но и трансформировать их состояния по сравнению с питательной средой. Для оценки накопления радионуклида в органах и тканях сельскохозяйственных животных часто используют показатель кратности накопления, который характеризует связь между поступлением радионуклида в организм животного с рационом и содержанием радионуклида в органе или ткани [2].

Находящиеся в биосфере твердые радионуклиды оказывают разнообразное воздействие на ее компоненты, при этом особого внимания заслуживает их роль как источника ионизирующих α-, β-, γ- излучений. В наземных биогеоценозах роль внешних источников облучения играют в основном твердые радионуклиды, находящиеся в почвах и подстилающих породах. Значимые их количества могут накапливаться в опаде листвы и в водоемах, а при существенной аккумуляции радионуклидов живыми организмами и сами биологические объекты могут выступать в качестве облучателей друг друга, что важно учитывать при наличии прямого контакта между организмами. В случаях прямого контакта с облучателем (например, с почвой для корневой системы растений или почвенной фауны) α-, β-излучения твердых радионуклидов могут давать существенный вклад в дозу облучения. Однако обычно доза облучения биологических объектов от внешних излучателей создается преимущественно γ- излучением.

В природной среде все живые организмы (микроорганизмы, растения, животные, человек) подвергаются постоянному воздействию не только внешнего, но и внутреннего облучения от различных инкорпорированных радионуклидов как естественного, так и искусственного происхождения. Для человека и животных основное количество практически всех радионуклидов поступает с продуктами питания. Вследствие достаточно быстрого

поступления радионуклидов в живые организмы, широкого распространения в окружающей среде и нахождения в доступных для усвоения растениями и животными формах, твердые радионуклиды являются опасными для биологических объектов [1].

Немаловажным фактором, вносящим значительный вклад в формирование радиационного фона местности, также является проблема эксхаляции радона из поверхности в атмосферу в местах со слабой или отсутствующей циркуляцией воздуха. Выделяясь из микропор пород, продукты распада урана и тория, а также атомы радия и радона, сцепляясь с молекулами воздуха и различными микрочастицами, образуют ядра конденсации, в итоге формируя радиоактивные аэрозоли. В горнорудном производстве существует зависимость возникновения различных заболеваний лёгочной системы у горнорабочих урановых шахт, подвергающихся воздействию комплекса неблагоприятных производственных факторов, ведущими среди которых продолжают оставаться кварцсодержащая пыль урановой руды и дочерние продукты изотопов радона. Высокая температура, перепады температур и высокая влажность рудничного воздуха, значительная физическая нагрузка увеличивают в 1,5 раза частоту, в 2 раза глубину и в 3,5 раза объём дыхания, что приводит к большему поступлению, накоплению и воздействию на лёгкие аэрозолей и ДПР (дочерних продуктов распада). Радиоактивные аэрозоли, попадая в дыхательные пути человека, создают реальную угрозу здоровью и даже жизни вследствие образования свободных радикалов. Свободные радикалы отравляют организм, что приводит к различным заболеваниям, порою неизлечимым [8, 9].

Исследование и оценка радиационной обстановки в регионе выполняются по требованиям НРБ-2006 и ОСПОРБ-2006 [5], временной инструкции по радиационной безопасности на предприятиях и учреждениях (лабораториях) НГМК от2002г., по Нормам радиационной безопасности НРБ-99/2009, Санитарным правилам и нормативам СанПиН 2.6.1.2523-09[4], а также других ведомственных нормативно-методических документов.

Радиационно-экологические исследования на объектах выполняются в соответствии с задачами, которые предусматривают измерение таких основных параметров как:

1.Мощности эквивалентной дозы гамма излучения (МЭД, мкЗв/час).

2.Эквивалентную равновесную объёмную активность радона (ЭРОА, Бк/м³).

3.Объёмную активность долгоживущих α-нуклидов (ДАН, мБк/м³).

4.Суммарную α-активность нуклидов в почве(Бк/кг).

5.Эфективную удельную активность нуклидов (Бк/кг).

6.Определение суммарной α и β активности питьевой воды местности [3].

Подводя итоги к вышесказанному можно отметить следующее. Участки с повышенной радиоактивностью расположены в пустынных и горных районах Чаткальского и Кураминского хребтов. Урановые месторождения в этих регионах при эксплуатации которых происходило интенсивное загрязнение природной среды располагаются именно в малонаселённых пунктах. Большинство населения проживает в регионах с невысокой природной

радиоактивностью, поэтому можно сказать, что влияние естественной радиоактивности на население данного региона сравнительно незначительно.

Результаты исследований позволят количественно и качественно оценить сложную экологическую обстановку в Ахангаранском регионе. На их основе можно выработать рекомендации по выбору участков застройки для капитального строительства в сейсмотектонических зонах, на радоноопасных территориях; внести уточнения в технологию строительства объектов различного назначения, особенно их подвальных и полуподвальных частей, их систему эффективной вентиляции; а также решить вопросы, связанные с минимизацией вредного влияния промышленных отходов на природную среду.

Литература

1.*Калистратова В.С., Беляев И.К., Жорова Е.С., Нисимов П.Г., Парфенова И.М.,Тищенко Г.С., Цапков М.М.* «Радиобиология инкорпорированных радионуклидов». М., ФМБЦ им.А.И. Бурназяна ФМБА России,2012

2. *Карпенко Е.И., Соломатин В.М., Спиридонов С.И.* Дозы облучения растительности в районе расположения предприятия по добыче и переработке урановых руд. Техногенные системы и экологические риск: Тезисы докладов V Региональной научной конференции // Обнинск: ИАТЭ. 2008. с. 228

3.*Манахов Д. В., Липатов Д. Н., Щеглов А. И.* Практика по радиоэкологии : учебно-методическое пособиедля студентов факультета почвоведения МГУ. М., МАКС Пресс, 2018

4.Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009 Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09 от 7 июля 2009 г. № 47, М., 2009

5.Нормы радиационной безопасности (НРБ-2006) и Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ – 2006) Сан Пин № 0193 – 06,г. Ташкент, 2006

6. «Программа действий по охране окружающей среды Республики Узбекистан на 2013–2017 годы»: Утв. Постановлением Кабинета Министров Республики Узбекистан от 27 мая 2013 г. № 142 // Собр. Законодательства Республики Узбекистан. – 2013. – № 22, ст. 282

7. *Рачкова Н.Г., Шуктомова И.И., Таскаев А.И.* Состояние в почвах естественных радионуклидов урана, радия и тория (обзор) // Почвоведение. 2010. № 6 , с. 698 – 705

8. *Рузер Л.С.* Радиоактивные аэрозоли .М. , Энергоатомиздат,2001

9. *Тен О.Л.* Радиоэкологическая характеристика объектов размещения радиоактивных отходов уранового производства и рекомендации по ее улучшению.Ташкентский институт усовершенствования врачей, Министерство здравоохранения республикиУзбекистан, Ташкент, республика Узбекистан, 2015

10. *Фильцев Ю., Ларин В., Разыков З. и др.*. Пионеры секретного атома : 50 лет первенцу атомной промышленности СССР по добыче и переработке урана в Таджикистане 1945—1995 гг. .Чкаловск, 1995

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ТАРЫНСКОГО ХАБА

Э. Д. Нугманова, И. Г. Петрова, В. С. Козлов

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», 620144, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д.30. E-mail: nugmanova_elvina@mail.ru

Разведка и эксплуатация ранее не известных месторождений, расположенных в труднодоступных местах, повлекла необходимость строительства транспортных магистралей, прокладываемых в сложнейших инженерно-геологических условиях, а также в чувствительных и слабоустойчивых к техногенному воздействию природных комплексах [5].

Изучение эколого-геологического состояния было выполнено на территории автодороги длиной в 100 км, проектируемой для транспортного обеспечения одного из горнопромышленных предприятий, расположенного в пределах Тарынского рудного поля (Республика Саха - Якутия). В результате проведения комплексных инженерных изысканий для подготовки проектной документации была получена информация об экологическом состоянии, геологическом строении, гидрометрических и рельефометрических характеристик территории, а также информация о распространении и динамике развития экзогенных геологических процессов. На основании анализа полученных данных были даны рекомендации к выбору проектных решений параметров строительства автодороги с учетом минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

Территория изысканий относится к области сплошного распространения многолетнемерзлых пород, специфически влияющих на условия строительства и эксплуатации сооружений, а так же на устойчивость природных ландшафтов к техногенному воздействию.

По низкотемпературному режиму воздуха и продолжительности холодных дней в году, район относится к категории неблагоприятных (дискомфортных) природных условий, практически непригодных для проживания человека. Тип рельефа изучаемой трассы автодороги – плоскогорный, с крутыми гребневидными и уплощенными водоразделами со сглаженными вершинами гольцового типа, относительное превышение – до 400 м, крутизна склонов составляет до 30º.

Характерной особенностью участка изысканий является наличие большого количества водотоков как постоянных, так и временных, формирующихся в период паводка. В долинах рек развиты несквозные подрусловые грунтово-фильтрационные талики, формирующие наледи в зимний период. По химическому составу природные воды поверхностных водотоков и таликовых зон отличаются незначительной вариативностью, в

целом характеризуются как гидрокарбонатные, кальциевые и кальциево-магниевые с минерализацией до 0,2 г/л. В результате опробования и проведения лабораторных испытаний, в единичных водных объектах, было выявлено превышение ПДК рыбохозяйственных требований по содержанию марганца, цинка и меди. При исследовании подземных вод таликовых зон были выявлены превышения нормативов по показателю перманганатной окисляемости, содержанию марганца, никеля и в единичных пробах – кадмия.

При проведении исследований участка трассы были отобраны пробы почв и грунтов в типичных ландшафтно-геохимических уровнях с разной степенью нарушенности для определений химического загрязнения и оценки острой токсичности. В результате лабораторных испытаний было выявлено повышенное содержание мышьяка, острой токсичностью пробы не обладали.

Такие аномалии (превышения нормативных показателей в воде, почвах и грунтах) связаны с геологическим строением и геохимическими особенностями, обусловленными минералогией пород и приуроченностью участка трассы изысканий к рудогенной зоне с фоновыми природными аномалиями.

Радиологические обследования участка заключались в измерении МЭД гамма излучении, определении естественных радионуклидов в грунтах и альфа- и бета- излучения в поверхностных водах. В соответствии с требованиями нормативных документов (СП 2.6.1.2612-10, СанПиН 2.6.1.2523-09) радиологические показатели не превышают регламентированных значений.

Особо охраняемые природные территории и другие экологические ограничения природопользования дальнейшему проектированию не препятствуют в виду их отсутствия. Реликтовых представителей флоры и фауны, объектов, имеющих охранный статус при обследовании не выявлено, однако, при строительстве и эксплуатации автомобильной дороги ожидается изменение почвенного и растительного покрова, а также нарушение естественных условий обитания животных с последующим их перемещением в более спокойные места. Оценка современного экологического состояния компонентов окружающей среды показала, что выявленные антропогенные источники загрязнения связаны с действующими горнодобывающими площадками, территорию которых пересекает проектируемая трасса автодороги [1].

Основные прогнозируемые источники воздействия на окружающую среду при строительстве автодороги – строительное оборудование и строительная техника, дизельная электростанция, заправочная станция, пыление грунта при земляных работах, шумовая нагрузка; в период эксплуатации – автомобильная техника, пыление грунта при движении автотранспорта. Ожидаемый характер воздействия в период строительства – временный, а в период эксплуатации – минимальный[4].

По результатам проведенной экологической оценки – главными механизмами изменений во вновь сформированной системе «дорога – геологическая среда», являются экзогенные геологические процессы. Их

развитие сказывается на работоспособности автодорог и может привести к аварийным ситуациям.

Проектируемая автомобильная дорога занимает высокоширотное положение, пересекает горный рельеф и межгорные впадины, вдоль неё развит комплекс характерных для территории Верхоянья криогенных склоновых процессов, таких как осыпание, курумообразование, солифлюкция, камнепады, конуса выноса, а так же процессы криогенного растрескивания, образования жильных льдов, формирования термокарстовых котловин, термоэрозии, криогенного пучения и наледеобразования [3].

Процесс строительства и эксплуатации инженерных сооружений приведет к изменению естественного рельефа, нарушению растительного и почвенного покровов, условий снегонакопления, изменению направления поверхностного стока, что повлечет за собой изменение температурного режима грунтов деятельного слоя, что, в свою очередь, может привести к необратимым последствиям в виде деградации мерзлоты и активизации геологических и инженерно-геологических процессов. Однако этот процесс неоднозначный и в пределах трассы проектируемой автодороги носит субъективный характер.

По результатам полученной информации в ходе работ была оценена площадная пораженность трассы автодороги инженерно-геологическими процессами, проведен расчет и прогноз изменений температурного режима грунтов в процессе создания и эксплуатации насыпи. Прогнозное моделирование проводилось в два этапа: на первом определялись эффективные тепловые свойства снежного покрова, на втором – делались прогнозные оценки изменения температурного режима. Было рассмотрено четыре типовых разреза, для которых при моделировании будущих изменений температуры грунта на различной глубине на период 50 лет учитывались следующие факторы:

1. Исходное значение среднегодовой температуры приземного воздуха – минус 15°С, земной поверхности – минус 6,0°С.

2. Удаление снежного покрова с поверхности насыпи приводит к моментальному (скачкообразному) изменению (снижению) среднегодовой температуры земной поверхности. Величина скачка температуры вследствие удаления снежного покрова согласно калибровочной модели была оценена в минус 9°С.

3. Снятие напочвенных растительных покровов приводит к моментальному изменению (увеличению) среднегодовой температуры земной поверхности приблизительно на величину 1°С, вследствие уменьшения альбедо и интенсивности испарения.

Влияния этих факторов аддитивны и при моделировании они суммируются в результирующий скачок температуры поверхности.

4. Согласно прогнозам глобального потепления, рост среднегодовой температуры приземного воздуха в исследуемом районе будет происходить со скоростью 0,05°С/год. При этом согласно результатам проведенного моделирования, будет уменьшаться и утепляющий эффект снежного покрова

– минус 0,02°С/год. Таким образом, температура земной поверхности также будет расти, но с меньшими темпами – 0,03°С/год.

Очевидно, что деградация мерзлоты повлечет за собой необратимый характер. Поэтому, в процессе строительства и эксплуатации сооружений необходимо предусмотреть мероприятия по инженерной подготовке территории (в том числе сохранение растительного и почвенного покровов в основании насыпи), обеспечивающие сохранение температурного режима грунтов в основании сооружений, и предотвращающие развитие опасных геологических процессов (т.е. при строительстве применить I принцип использования многолетнемерзлых грунтов в качестве оснований сооружений, когда они используются в мерзлом состоянии, сохраняемом в процессе строительства и в течение всего периода эксплуатации).

Также необходимо учесть, что на участках автодороги и мостовых переходов в результате создания насыпей в летний период на уровне земной поверхности возможно формирование подпора поверхностных и надмерзлотных вод, что в свою очередь приведет к увеличению глубины слоя сезонного оттаивания, при длительном стоянии воды будет увеличиваться площадь травянисто-моховых кочкарников.

Выявленный в ходе изыскательских работ неоднородный состав грунтов – от пылеватых суглинков и супесей песчаных грунтов до крупнообломочных грунтов с содержанием супесчаного, и песчаного заполнителя от 10 до 30%, а также высокая влажность и способность к пучению позволяют весьма интенсивно проявляться сезонному криогенному пучению.

При строительстве и эксплуатации автодороги следует предусмотреть возможность развития гравитационных процессов на склонах, которые могут препятствовать работе транспорта, а в узких долинах они могут нарушить сток и привести к затоплению полотна.

Развитию и активизации гравитационных процессов способствует увеличение крутизны склонов, при их подрезке, подработке и подмыве; увеличение веса горных пород и ослабление прочности пород при их увлажнении природными водами; морозное выветривание пород; изменение температурного режима в результате оттаивания, а также микросейсмические и сейсмические колебания.

Осыпи будут создавать существенные сложности при эксплуатации автодороги особенно в весенне-летний период, когда в горах происходит интенсивное таяние снега, и после обильных ливней. В это время обломочный материал превращается в текущую массу, которая смещается вниз по склону в виде осов. Увлажнение увеличивает массу пород, приводит к ослаблению их прочности и соответственно увеличению действующих гравитационных сил. Они оказываются бóльшими, чем прочность пород, слагающих склон, в результате чего возникает нарушение их устойчивости и образование осыпей.

Вблизи водотоков участка прогнозируется развитие таких процессов, как абразия, эрозия (на склонах). Процесс абразии будет определяться волновым, уровенным и ледовым режимом и будет выражаться в выполаживании склонов. В этой связи необходимо предусмотреть их укрепление.

Недоучёт всех компонентов геологической среды, влияющих на условия длительной и безопасной эксплуатации автомобильных дорог, повлечет за собой неверный выбор проектных решений, миллионные затраты на строительство и, в результате, невозможность эксплуатации зачастую единственной транспортной магистрали [2].

Литература

1. *Абатурова И. В., Петрова И.Г., Королева И.А., Патракова М.С.*Оценка влияния освоения месторождений полезных ископаемых на природно-территориальные комплексы (на примере месторождений Якутии) //Сергеевские чтения. Геоэкологическая безопасность разработки месторождений полезных ископаемых. – 2017. – С. 444-448.
2. *Абатурова И. В.Стороженко Л.А., Петрова И.Г., Королева И.А.*Прогноз изменения компонентов инженерно-геологических условий при разработке месторождений полезных ископаемых в криолитозоне //Горный журнал. – 2015. – №. 9. – С. 22-27.
3. *Бурцева Е.И.*Геоэкологические аспекты развития Якутии, Н., Наука, 2006, 270 с.
4. *Нугманова Э.Д.* Оценка экологического состояния территории автодороги проектируемой в криолитозоне //Международная научно-практическая конференция «Уральская горная школа – регионам», г. Екатеринбург, 9-18 апреля 2018 г.: сборник докладов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. С. 98-99.
5. *Трофимов В. Т., Зилинг Д.Г и др.* Экологические функции литосферы / Под ред. В. Т. Трофимова. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2000. 432 с.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА

В.Е.Ольховатенко

Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003 г. Томск, пл. Соляная 2. E-mail: igg@tsuab.ru

Кузнецкий угольный бассейн является одним из крупнейших, на территории которого разработка месторождений ведется как открытым, так и подземным способами.

В настоящее время в Кузбассе действует более 20 крупных угольных разрезов и ведется проектировка новых угольных карьеров глубиной свыше 500 м. Разработка месторождений открытым способом сопровождается трансформацией окружающей среды, что приводит к значительным изменениям всех ее компонентов. Наряду с природными особенностями территории важную роль в преобразовании природной среды принадлежат техногенным факторам, связанным с применением горнодобывающей техники, буровзрывных работ и автотранспорта. Особенностью геологического строения Кузбасса является наличие следующих геолого-генетических комплексов пород:1) четвертичного возраста (Q_{3-4}); 2) палеогена и неогена (Pg и Ng); 3) континентальных отложений мезозоя (Mz); 4) континентальных угленосных отложений кольчугинский серии (P_2); 5) лагунно-континентальных угленосных отложений балахонской серии (C_{2-3}-P_1bl); 6) морских отложений (D_1-C_{1t+v}); 7) магматических горных пород (базальты, долериты, граниты, диабазы).

Среди выделенных геолого-генетических комплексов пород важную роль при строительстве карьеров будут играть угленосные отложения кольчугинской и балахонской серий, а также породы юры и покровные четвертичные образования [1,2].

Лагунно-континентальные отложения балахонской серии (C_{2-3}-P_1bl) залегают на морских нижнекаменноугольных отложениях мозжухинской серии и узкой полосой протягиваются по периферии Кузнецкой котловины. В разрезе балахонской серии согласно стратиграфической схеме Кузбасса выделяются острогская свита ($C_2^3{}_{os}$), нижнебалахонская (C_{2-3}bl) и верхнебалахонская (P_1bl) подсерии. Литологический состав пород, слагающих острогскую свиту ($C_2^3{}_{os}$), представлен конгломератами, песчаниками, алевролитами и аргиллитами.

Нижнебалахонская подсерия (C_{2-3}bl) согласно залегает на породах острогской свиты и литологически представлена переслаивающейся толщей песчаников, алевролитов, аргиллитов, угольных пластов с включениями линз глинистых и алевролитовых известняков.

Глинистые породы нижнебалахонской подсерии представлены аргиллитами преимущественно каолинит-гидрослюдистого, реже бейделлит-гидрослюдистого состава. Наряду с обломочными сцементированными и глинистыми породами в разрезе нижнебалахонской свиты встречаются известняки с примесью глинистого вещества, обломков кварца и листочков слюд.

Верхнебалахонская подсерия (P_1bl) делится на четыре свиты: промежуточную, ишановскую, кемеровскую, усятскую. Максимальная ее мощность 850–1200 м. Литологически породы данной подсерии представлены конгломератами, гравелитами, песчаниками, алевролитами, углями, аргиллитами и их углистыми разностями.

Песчаники обычно серого цвета и отличаются высоким содержанием в обломочной части кварца, эффузивов, кремнистых пород и полевых шпатов.

Алевролиты в разрезе верхнебалахонской подсерии пользуются довольно широким распространением и представлены как крупными разностями, близкими к мелкозернистым песчаникам, так и глинистыми разностями, близкими к аргиллитам. По сравнению с песчаниками в них увеличивается содержание кварцевого и кремнистого материала, а также слюд и акцессорных минералов.

Цемент алевролитов преимущественно глинистый, иногда глинисто-карбонатный, тип цемента пленочный или выполнения пор. По текстурным признакам отчетливо выделяются тонкогоризонтальнослоистые и массивные углистые алевролиты. Широким распространением в верхнебалахонской подсерии пользуются аргиллиты и их углистые разности. Для них характерно высокое содержание тонкодисперсных глинистых минералов преимущественно гидрослюдистого и каолинит-гидрослюдистого состава. Карбонатные породы в разрезе верхнебалахонской подсерии имеют подчиненное значение.

Континентальные отложения колъчугинской серии (P_2) отличаются от вышеописанных как по условиям образования, так и по литологическому составу горных пород и делятся на три подсерии: кузнецкую безугольную (P_2kz), ильинскую (P_2il) и ерунаковскую (P_2er) угленосные. На дневную поверхность отложения кольчугинской серии выходят по периферийной части бассейна, а в центральной, юго-восточной и западной частях Кузбасса они перекрываются породами мезозойского возраста.

Континентальные отложения мезозоя представлены породами триаса, юры, мела. Среди них наибольший интерес представляют отложения юры, которые занимают значительную часть Кузнецкого бассейна и в той или иной степени будут представлены в бортах будущих карьеров. Отложения тарбаганской серии (J_{1-3}) являются верхним структурным этажом продуктивной толщи Кузбасса. Отличительной особенностью среднемезозойских отложений является значительное возрастание в них грубозернистых пород. Широким распространением здесь пользуются конгломераты и гравелиты. Для пород отчетливо наблюдается закономерное уменьшение грубозернистых разностей в разрезе серии снизу вверх, в также в

юго- западном направлении. Последнее обусловлено положением областей питания в период среднепалеозойского осадконакопления.

Конгломераты пользуются широким распространением среди отложений тарбаганскойсерии и состоят преимущественно из гальки хорошей окатанности, сцементированной песчано-глинистым, иногда песчано-глинисто-карбонатным материалом. По составу обломки представлены изверженными, метаморфическими и осадочными породами с различным соотношением их в разрезе, что обусловлено составом горных пород областей питания.

Песчаники пользуются широким распространением в тарбаганской серии и часто в нижних частях разреза переслаиваются с конгломератами, а в верхних – с алевролитами и аргиллитами. В их составе содержится до 75% обломков метаморфических, кремнистых и эффузивных пород. Присутствуют также обломки кварца и полевых шпатов. Цемент поровый и пленочный, иногда контактовый или коррозийный, а по составу глинисто-кремнистый, кремнисто-хлоритовый, хлорит-слюдистый, железистый и известковистый.

Согласно схемы тектонического районирования на территории Кузбасса выделяются четыре геотектонические зоны: Присалаирская зона линейной складчатости и разрывов, Приколывань-Томская зона линейной складчатости и разрывов, Центральная зона пологих складок и куполовидных поднятий, Приалатаусская и Пригорношорская зоны моноклиналей.

Наиболее сложными в тектоническом отношении представляются Присалаирская и Приколывань-Томская зоны линейной складчатости и разрывов.

Для месторождения Присалаирской зоны характерно наличие узких кулисообразных брахискладок, углы падения крыльев которых составляют 60–90°. Породы интенсивно разбиты системой тектонических нарушений.

Приколывань-Томская зона линейной складчатости образовалась в результате тангенциальных движений со стороны Колывань-Томскойскладчатой дуги.

Центральная зона пологих складок и куполовидных поднятий является переходной от зоны линейных складок к зоне моноклиналей. Для нее характерны значительно меньшая дислоцированность осадков и разнообразная ориентировка осей складов.

Приалатаусская и Пригорношорская зоны моноклиналей развиты в юго-восточной и северо-восточной частях бассейна.

Отмеченные особенности тектонического строения оказывают большое влияние на разработку угольных месторождений открытым способом и устойчивость бортов карьеров.

Разработка открытым способом угольных месторождений сопровождается строительством крупных котлованов с мощным водоотливным оборудованием. Вскрышные породы, как правило, вывозятся и складируются за пределами горных выработок, занимая дополнительные площади. Объем вскрышных пород зависит от горно-геологических условий и может составлять до 4 $м^3$ на каждую добытую тонну полезного ископаемого. Для

удаления мощной толщи рыхлых отложений часто применяются гидромониторы, которыми они размываются, а пульпа по трубопроводам транспортируется в гидроотвалы. Гидроотвалы, как правило, сооружаются в логах и долинах малых рек. Во время работы водоотлива горные выработки карьеров становятся областью разгрузки подземных вод. Вокруг них образуются воронки депрессии, распространяющиеся на значительные расстояния.

Основными причинами трансформации окружающей среды являются техногенные воздействия, что выражается в отчуждении геологического пространства, преобразовании ландшафтов, изменении состояния геологической среды, гидродинамической и гидрогеохимической обстановки.

По мере расширения и углубления карьеров все больше возрастает нагрузка на геологическую среду. Формирование глубоких выемок приводит к значительным изменениям напряженно-деформированного состояния пород в бортах карьеров. Динамические нагрузки, создаваемые при работе экскаваторов и автотранспорта, приводят к нарушениям структурных связей горных пород, снижению их прочности и устойчивости в бортах карьеров.

Основными источниками воздействия при разработке угольных месторождений является применяемое горнотранспортное оборудование, взрывные работы, движение автотранспорта. Работающий автотранспорт оказывает большое отрицательное влияние на состояние атмосферы.

Основными источниками выделения пыли являются: выемочно-погрузочные, транспортные, буровые работы, а также сдувание пыли с обнаженных плоскостей отвалов, угольных и породных уступов.

При работе машин и механизмов с двигателем внутреннего сгорания происходит загрязнение окружающей среды окисью углерода, окислами азота, углеводородами и сажей.

Техногенные воздействия на геологическую среду, вызываемые горнодобывающими предприятиями, имеют продолжительный и, как правило, необратимый характер. С прекращением производственной деятельности на предприятии возможно и прекращение техногенного воздействия, но восстановление свойств геологической среды не произойдет. Этот техногенно преобразованный участок литосферы с новыми свойствами и может нести в себе опасность.

Сравнительный анализ степени техногенного воздействия на геологическую среду при открытой и подземной отработке показывает, что при подземной отработке полезных ископаемых, используя закладку выработанного пространства, можно достичь минимального изменения свойств геологической среды по сравнению с открытым способом разработки угольных месторождений.

При разработке месторождений Кузбасса открытым способом на отдельных территориях наблюдаются необратимые изменения ландшафта и рельефа местности за счет глубоких выемок и высоких отвалов, в которых развиваются оползни. Такие территории практически трудно поддаются рекультивации.

Негативные последствия техногенных воздействий приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Негативные последствия техногенных воздействий

Компоненты окружающей среды	Техногенные воздействия	Негативные последствия
Геологическая среда	Извлечение больших объемов угля, выемки вскрышных пород и формирование глубоких выемок. Дренирование подземных вод. Самовозгорание углей. Применение взрывных работ и горно-транспортного оборудования. Транспортирование угля, захоронение отходов производства и вредных веществ. Сооружение породных отвалов и шламохранилищ.	Изменение напряженно-деформированного состояния горных пород, снижение их прочности и устойчивости в бортах карьеров и отвалов. Развитие опасных геологических процессовв карьерах и откосах отвалов. Формирование техногенного ландшафта, сокращение площадей плодородных земель. Загрязнение почв, развитие микросейсмических явлений, деформирование зданий и сооружений.
Водные ресурсы	Осушение месторождений. Ликвидация или перенос поверхностных водоемов и водотоков. Сброс карьерных и дренажных вод. Устройство водозаборов для технических и бытовых нужд предприятия.	Нарушение гидрогеологического режима подземных вод. Истощение запасов подземных и поверхностных вод, их загрязнение. Исчезновение мелких рек и ручьев.
Воздушный бассейн	Организованные и неорганизованные выбросы вредных веществ в атмосферу.	Запыление и загрязнение атмосферы в рабочей зоне карьера и прилегающей территории. Рост числа заболеваний среди населения.

Для обеспечения геоэкологической безопасности при разработке угольных месторождений Кузбасса открытым способомрекомендуется внедрить комплекс мероприятий по охране окружающей среды (таблица 2).

Таблица 2

Мероприятия по охране окружающей среды

Охрана поверхностных и подземных вод	Предотвращение понижения уровня подземных вод, их истощения и обезвоживания почв на прилегающих территориях; сокращение притоков воды в горные выработки, уменьшение загрязнения карьерных и дренажных вод, очистка сточных вод от вредных примесей до безопасных уровней; максимальное использование очищенных сточных вод на производственные нужды
Охрана атмосферного воздуха	Создание технологических процессов и горно-транспортного оборудования, обладающих низким пылегазообразованием; предотвращение и снижение выделения вредных выбросов в атмосферу при производстве горных работ; разработка и освоение способов, систем улавливания и утилизации газообразных продуктов, образующихся при сжигании в топках котлоагрегатов; предотвращение самовозгорания угля в породных отвалах, открытых складах и бортах карьеров
Охрана и рациональное	Совершенствование горных работ в направлении сокращения изымаемых из оборота нарушаемых земель; ускорение темпов и снижение

использование земель	трудоемкости рекультивационных работ; рационализация способов технической и биологической рекультивации земель, включая восстановление гидродинамического режима грунтовых вод; создание и освоение комплексов специальных машин для рекультивации; разработка мероприятий и технических средств, исключающих отрицательное воздействие горных работ на прилегающие территории
Охрана недр и комплексное использование минеральных ресурсов	Снижение потерь полезных ископаемых при добыче; вовлечение в эксплуатацию некондиционных и сложноструктурных залежей; извлечение полезных ископаемых из разубоженной горной массы; селективная выемка и использование сопутствующего минерального сырья; утилизация попутного газа (метана)

Наряду с перечисленными мероприятиями по охране окружающей среды необходимо разработать и внедрить целевую комплексную программу мониторинга за развитием опасных техно-природных процессов, состоянием и устойчивостью природно-технических систем.

Литература

1. Инженерно-геологические условия разработки открытым способом угольных месторождений Ерунаковского района Кузбасса и оценка состояния окружающей среды : [монография] / В. Е. Ольховатенко, Г. И. Трофимова ; Том. гос. архит.-строит. ун-т .- Томск : Издательство Томского архитектурно-строительного университета, 2011 .- 203 с.
2. *Ольховатенко В.Е.* Инженерная геология угольных месторождений Кузнецкого бассейна [Текст]: монография / В.Е. Ольховатенко. – Томск : Изд-во Том.гос. архит.- строит. ун-та, 2014. – 150 с.

ФОРМИРОВАНИЕ ПОСТЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ТЕХНОГЕНЕЗА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ РУДНИКА КАБАН

И.Г. Петрова, И.А. Савинцев, Л.А. Стороженко

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»
г. Екатеринбург. E-mail: gingeo@mail.ru

Отличительной особенностью Уральского региона, является наличие значительного количества месторождений рудных полезных ископаемых, отработанных, либо отрабатываемых в настоящее время. Не зря Урал с древних времен величают как «опорный край державы». Процесс добычи полезных ископаемых отличается наиболее активным и глубоким преобразованием литосферы, связанным с изъятием и перемещением значительных масс горных пород, изменением режима и качества водоносных горизонтов, развитием техноприродных или активизацией природных процессов. И как результат - формирование нового техногенного ландшафта, загрязнение геологической среды, развитие природных процессов. Характер изменения геологической среды зависит, чаще всего от вида полезного ископаемого и способа его изъятия. Наиболее опасны в этом отношении медноколчеданные месторождения, на территории которых формирование постэксплуатационного техногенеза является процессом длительным, приводящим к глубокому преобразованию геологической среды [3, 4, 5].

Примером такой интенсивно трансформированной территории является участок Кабанской группы месторождений, который включает в себя пять медноколчеданных месторождений: Кабан I, II, III, V и VII и пять серноколчеданных. Рудоносность территории была изучена еще в 1944-1953 г. После чего была начата разработка месторождений Кабан V, I, II, которая к 1964 году была завершена. Проект отработки, составленный «Унипромедью», предусматривал комбинированный способ отработки Кабан I и Кабан V, и подземным способом на Кабане II, причем первоначально на этих месторождениях предусматривалось строительство самостоятельных шахтных комплексов. Однако строительство шахтного ствола на месторождении Кабан I не производилась. С квершлага на горизонте 120 м шахтного комплекса месторождения Кабан V на месторождение Кабан I был пройден полевой штрек, с него на юго-запад по рудному телу и два вентиляционных восстающих ствола, один из которых был «сбит» с поверхностью. Дополнительно между месторождениями пройден еще один вентиляционный вертикальный восстающий, на котором на горизонте 60 м сделаны горизонтальные рассечки. В последующие годы осуществлялись попытки лесотехнической рекультивации месторождения, успешно реализованные только на части территории.

Таким образом, к настоящему времени район расположения рассматриваемых месторождений представляет собой 2 затопленных карьера глубиной 100 и 70 м и комплекс подземных горных выработок. Эту совокупность горнорудных сооружений сопровождают нерекультивированные отвалы, содержащие некондиционные руды, обширные техногенные литохимические и геохимические ореолы, отмечаются выходы подотвальных вод и участки развития природно-техногенных процессов, а также отмечаются другие проявления горнорудного техногенеза.

В геологическом строении месторождений участвуют интрузивные, эффузивные, метаморфические породы, представленные габбро, габбро-диабазами, амфиболитами, диоритами, сланцами, порфиритами и их туфами.

Месторождения состоят из нескольких линз массивного медистого и серного колчедана мощностью от 2 до 17 м, залегающих на глубинах 50-170 м. Верхняя часть разреза месторождений окислена и представлена железняковыми образованиями, нижняя граница которых достигает глубины 35-40 м. Ниже залегает кварцевая, а затем колчеданная «сыпучка». Первичные руды содержат в медном колчедане: меди – 1,37%, цинка – 0,56 %, серы – 45,5 %; в серноколчеданной руде: меди –0,3%, цинка – 0,46 %, серы – 46,7 %. Минеральный состав руд – пирит, халькопирит, сфалерит, кварц, серицит.

Отработка месторождения привела к антропогенному преобразованию природной среды на значительных площадях, а трансформации подвержены все компоненты окружающей среды.

Ландшафтные условия. Изменение рельефа местности, выемка и перемещение грунтовых масс привели к изменению условий почвообразования, формированию упрощенных техногенных (рудеральных) фитоценозов, изменению условий миграции и накопления загрязняющих веществ. Уничтожение маломощного почвенного покрова и его погребение под насыпями. Изменение физических показателей свойств почв и грунтов является следствием их перемещения при добыче руды, а также смещения и уплотнения в полотне грунтовых дорог. В пределах участка исследований выделяется 5 типов местностей:

1. Залесенные участки – площади в границах зоны потенциального воздействия объекта с сохраненными коренными видами растительности, с участками эксплуатационных вырубок с насаждениями из подроста и подлеска, основными лесообразующими являются ель, пихтас примесью березы. Ель 4 класса возраста,3 бонитета, высотой 20-23 м. При среднем количестве деревьев на 1га – 1-2 тыс. штук, полнота лесонасаждений составляет 0,5.

2. Лесопокрытые площади – отвалы вскрышных и вмещающих пород рыхлого состава и участки насаждений, поврежденные в результате незарегулированного стока кислых подотвальных вод и вод из шахтных стволов, заросшие древесной растительностью. Основная лесообразующая порода береза 1-2 класса возраста,2 бонитета, высотой 10-15 м. Отмечается

примесь сосны. Среднее количество деревьев на 1га – 1-2,5 тыс. штук, полнота лесонасаждений – 0,4.

3. Участки в состоянии естественного зарастания – отвалы вмещающих пород сложенные крупнообломочным материалом и спланированные отвалы с выровненной поверхностью. Грунты отвалов по агрохимическим показателям малопригодны для рекультивации путем лесоразведения. Зарастание отвалов происходит очень медленно, первичные сукцессии упрощенные и состоят из пионерных видов с высокой толерантностью и энергией размножения. Промывание верхнего слоя почвы атмосферными осадками в течение практически 40 лет после окончания отработки, несколько улучшило ее свойства, и возобновление растительности начато не более 10 лет назад. На отвалах с навалами скальных пород подрост березы в расщелинах между глыб, в местах скопления глинистых частиц, на отвалах с выравненной поверхностью древостой березы и осины в возрасте 15-20 лет разрежен и неравномерно распределен по поверхности. Откосы отвалов практически незалесены.

4. Участки карьера Кабан V, водосборных канав и дорог на территории, отработанной более 40 лет назад. При проведении геологоразведочных и горнодобывающих работ на участке месторождения Кабан I морфологические параметры дороги и водоотводных канав были изменены, одиночные деревья подроста и куртины трав сведены.

5. Участки без признаков восстановления: карьеры и отвалы некондиционных руд, сложенные грунтами не пригодными по физико-механическим и агрохимическим свойствам для рекультивации, степень, характер и возраст преобразований различный; отвалы могут быть использованы для дальнейшей переработки и получения сырья при усовершенствовании технологий Почвенный и растительный горизонты полностью отсутствуют.

Почвенные условия. В соответствии с почвенно-географическим районированием территория исследований относится к Качканарскому почвенному район, который входит в состав Тагило-Чусовского округа Среднеуральской южно-таежной почвенной провинции. В пределах участка выделено два типа почв естественного происхождения горно-лесные бурые на автономных выровненных участках и в пределах склонов, пойменные дерновые – в подчиненных позициях в пределах пойм, днищ балок. Агрохимические показатели этих почв, даже в техногенно-ненарушенном состоянии, чаще всего не соответствуют нормативным требованиям, предъявляемым к субстрату для возможного использования при рекультивации, и требует применения методов, увеличивающих их плодородие. Особенностью изучаемой территории является широкое развитие техногенных поверхностных образований, являющихся отходами хозяйственной деятельности и состоящих из природного субстрата. В пределах площади, нарушенной горно-добычными работами, выделяют токсикофабрикаты, включая токсиабралиты и токсилитостраты, которые по своим показателям относятся к непригодным для рекультивации.

На значительной территории, лишенной растительности, почвенный покров отсутствует или находится на начальной стадии формирования (эбриоземы). В границах сохраненного лесного массива максимальная мощность почв не превышает 10-15 см. В пробах грунтов, отобранных непосредственно в пределах площадки месторождения, отмечается повышенное содержание предельно-допустимых концентраций элементов первого класса опасности (мышьяка, свинца, цинка, фтора), превышения до 2-5 ПДК, а также очень высокие концентрации содержания меди и серных соединений (более 10-50 ПДК). Это определяет высокую степень токсичности данных грунтов. В зоне потенциального воздействия, за пределами контура землеотвода горных выработок, высокое содержание меди, мышьяка и цинка отмечается только в пробах грунта, отобранных из почвенного профиля на площадке в «полосе стока» подотвальных и шахтных (рудничных) вод.

Гидрологические и гидрогеологические условия. В районе исследований основными водотоками являются р. Малая Именная и ее малый приток р. Черная, которые хотя и проходят за границами участка исследований, но определяют гидрологию территории исследований, являясь дренами, в которые направлен весь поверхностный сток. В настоящее время гидрологический режим этих водоемов характеризуется как неизмененный, сток не зарегулирован. По составу воды гидрокарбонатные кальциево-магниевые, с минерализацией до 1 г/дм^3, нейтральные или слабощелочные реакцию. По значению жесткости воды рек территории относятся к водам мягким (менее 2 мг-экв/л). Химический состав воды в этих объектах отличается незначительными превышениями ПДК по ряду металлов (медь, цинк, никель, железо) и иону аммония.

Гидрогеологические условия претерпели изменения, связанные с перераспределением поверхностного и подземного стоков, изменением микрорельефа, созданием системы дренажных канав, формированием затопленных карьеров, которые являются приемниками подземных, поверхностных и подотвальных вод. Установлено, что в районе отработанного месторождения сложилось динамическое равновесие между притоком воды в карьер и оттоком кислой рудничной воды из него. Отток воды из карьера происходит по трем логам в северо-восточном направлении в сторону безымянного ручья (правого притока р. М. Именной).

Здесь на всем протяжении потока разгружающихся карьерных вод практически уничтожена лесная растительность. След погубленных деревьев, обозначающий путь разгрузки кислых дренажных вод, фиксируется и в северо-западном направлении. По-видимому, этот след разгрузки никакого отношения к затопленному карьеру не имеет, он обусловлен разгрузкой рудничной воды из затопленной разведочной шахты Кабан II.

Химический состав техногенных вод, отобранных из карьеров месторождений Кабан I и Кабан V, свидетельствует о значительной степени трансформации природного гидрохимического фона в результате интенсивного воздействия окисления и промывания сульфидов, находящихся в отвалах забалансовых руд и вскрытых в бортах карьеров.

Подотвальные и рудничные воды, накопленные за годы, прошедшие после завершения добычи сырья в карьере и в затопленных горных выработках, претерпели значительную трансформацию химического состава. Они имеют кислую реакцию (pH 2,6), повышенную минерализацию (до 7 г/дм^3), характерный для техногенных вод медноколчеданных месторождений сульфатно-железистый облик. Дренажные воды являются агрессивными к металлу и бетону, из-за этого их использование даже в технических целях невозможно. Воды характеризуются очень высоким содержанием ряда металлов. Максимальные концентрации, превышающие предельно-допустимые значения, выявлены для меди, цинка, свинца, кадмия и никеля(таблица). Данные воды по своим параметрам являются токсичными и губительны для компонентов биосферы.

Таблица 1

Содержание металлов в пробах поверхностных вод (мкг/л)

№ пробы	Cd	Al	Cu	Pb	Co	Hg	Ni	Mn	Zn	Fe
Рыбхоз (Приказ Минсельхоза РФ №552от 13.12.2016)	5	40	1	6	10	Отс. (0,01)	10	10	10	100
ГН 2.1.5.1315-03	1	500	1000	10	100	0,5	20	100	1000	300
Техногенный водоем	<1,0	76,7	1,57	430	11070	110	246	<0,1	80	25000
Затопленный карьер Кабан I	34,0	1,64	14100	80	30	0,85	50	332	17100	63000
р. Малая Именная	<0.0001	0,45	46	<0,001	<10	<0,0001	17	3	24	220
р. Черная	<0.0001	0,49	30	<0,001	<10	<0,0001	18	5	19	240

Инженерно-геологические условия. Исследование инженерно-геологических условий на месторождении позволило выявить инженерно-геологические процессы, которые негативным образом могут сказаться как при принятии решения о добычи сырья на оставшихся рудных участках, так и при дальнейшей рекультивации карьеров и отвалов [1, 2]. Обследование территории показало, что типичными процессами, имеющими широкое распространение, являются промоины и оползни-оплывины в бортах затопленных карьеров. Развитие этих процессов и их активизация снижает устойчивость бортов и требует разработки мероприятий по укреплению неустойчивых уступов.

Выводы. Техногенез практически на любом медном месторождении приводит к:

1) практически полной трансформации природных ландшафтов, включая уничтожение растительного и почвенного покровов, как на участке месторождения, так и в области гидрогенного и аэрогенного загрязнения;

2) изменению гидрогеологических, и, главным образом, гидрохимических условий;

3) изменению геохимических условий миграции и накопления веществ в почвах и грунтах, увеличению кислотности почв и формированию техногенных ореолов вокруг отвалов пород и горных выработок;

4) активизации литологических процессов, проявляющихся в возможном новообразовании минералов «медной зелени» – малахита, хризоколла;

5) изменению геодинамических условий, проявляющихся в развитии или активизации инженерно-геологических процессов.

Литература:

1. *Абатурова И.В.* Оценка и прогноз инженерно-геологических условий месторождений твердых полезных ископаемых горно-складчатых областей. – Екатеринбург: ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет». 2011. 226 с.
2. *Абатурова И.В., Савинцев И.А., Писецкий В.Б., Петрова И.Г.*Оценка и прогноз инженерно-геологических условий на разных стадиях разведки месторождений полезных ископаемых // Литосфера. 2013. № 3. С. 137-145.
3. *Бабушкин В.Д., Пересунько Д.И., Прохоров С.П., Скворцов Г.Г.* Изучение гидрогеологических и инженерно-геологических условий при разведке и освоении месторождений твердых полезных ископаемых. Методическое руководство Недра, Москва, 1969 г., 408 стр.
4. *Емлин Э.Ф.* Техногенез колчеданных месторождений Урала. – Свердловск: Изд. Уральского университета. 1991. 255 с.
5. *Елохина С.Н.* Техногенез затопленных рудников Урала. Диссертация ... доктора геолого-минералогических наук: 25.00.36 / Уральский государственный горный университет. Екатеринбург, 2014.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ВЕРХНЕЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ЗОНЫ КУРОРТА КИСЛОВОДСК

И.С. Помеляйко, А.В. Малков

ООО «Нарзан-гидроресурсы», 357700, Кисловодск, ул. Кирова, 43.
E-mail: i.pomelyayko@yandex.ru

Для системного анализа экологического состояния (ЭС) территории курорта Кисловодск была собрана информация о качестве воздуха, почв, растений, поверхностных и подземных вод. В данной статье рассматривается состояние верхней гидродинамической зоны курорта. Анализ состояния грунтовых вод имеет большое значение как для расчета комплексной величины антропотехногенной нагрузки (ВАН), так и для оценки рисков для нижезалегающих продуктивных водоносных горизонтов, снабжающих курорт минеральной водой Нарзан [4]. Кроме того, Кисловодск богат многочисленными родниками, вода которых используется для питьевых целей даже без предварительного кипячения. В рамках экологического мониторинга была собрана информация о динамическом и гидрогеохимическом положении грунтовых вод. Воды четвертичного водоносного комплекса в районе Кисловодска залегают на относительно водоупорных готерив-барремских отложениях. По характеру вмещающих пород их подразделяют на воды делювиальных и аллювиальных отложений. Источники из делювиальных отложений довольно редки. Аллювиальные воды пользуются широким распространением и играют большую роль в формировании минеральных углекислых вод. Они распространены преимущественно в долинах рек. В их питании большая роль принадлежит водам валанжина и титона, которые в виде довольно крупных источников стекают по склонам долин, либо поступают снизу под действием высокого напора. Общая минерализация в аллювиальных водах колеблется от 0,9 до 2,6 г/дм^3. Концентрация углекислоты изменяется от 0,17 до 2,8 г/дм^3. В настоящее время грунтовые воды на территории курорта сильно загрязнены по причинам как антропогенного, так и природного характера.

Антропогенное загрязнение грунтовых вод связано с рядом факторов, таких как: неканализованный жилой фонд; изношенность сетей; отсутствие ливневой канализации и дренажных коллекторов в большинстве районов города, низкая пропускная способность имеющихся; сельское хозяйство; свалки твердых бытовых отходов (ТБО).

Природные факторы, влияющие на подъем уровня грунтовых вод, заключаются в росте атмосферных осадков. Тренд, построенный по годовым осадкам в Кисловодске за период с 1947-2016 гг., показывает, что темпы роста составляют 2,9 мм в год.

Наибольшее негативное влияние на состояние грунтовых вод оказывает неканализованный жилой фонд. На сегодняшний день уровень канализования абонентов курортов КМВ варьирует от 90 до 60% от общего числа жителей [8]. Критическая ситуация сложилась в Кисловодске, где примерно 54000 жителей не подключены к городской канализации [10] (табл. 1). Это практически вся южная, западная и восточная окраины, а также частный сектор на северной оконечности города. В первой зоне горно-санитарной охраны Кисловодского месторождения расположены 264 жилых домовладения, большинство из которых 1-2-этажные здания без городской канализации.

Таблица 1

Характер и величина утечек из коммунально-инженерных сетей на курортах КМВ

Город	Уровень не канализованных абонентов,		Стоки от неканализованных абонентов (расч)*, т. м^3/сут	Потери воды из водопроводных сетей		Потери воды из водоотводящих сетей		ИТОГО
	чел.	%		т. м^3/сут	%	т. м^3/сут	%	т. м^3/сут
Кисловодск	54120	40	7,72	36,35	41	24,80	40	***68,9***
Ессентуки	9659	10	1,37	18,71	49	15,06	48	***35,1***
Пятигорск	53531	25	7,63	57,06	54	43,67	45	***108,4***
Железноводск	5251	10	0,71	13,28	54	7,57	44	***21,6***

*– расчетный показатель, который рассчитывался исходя из минимального водоотведения воды, составляющего 150 л/сут (СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. М.: Стройиздат, 1986.).

Неканализованный жилой фонд приурочен к водоохранным зонам рек, куда в ряде случаев и происходит сброс сточных вод. Часть сточных вод, с учетом повышенной трещиноватости известняков и песчаников валанжина, готерива и баррема, фильтруется в водоносные горизонты. В границах второй зоны округа ГСО расположены 13 объектов нефтепродуктообеспечения, склады ядохимикатов и удобрений, ТЭЦ.

Анализ ЭС четвертичного водоносного горизонта приводится на основе архивных данных Кисловодского ОАО «Институт Гражданпроект». Была собрана, обработана и проанализирована информация инженерно-геологических изысканий под строительство за тридцатилетний срок (1967-1998 гг.). Обрабатывались данные по 93 площадкам в различных районах города[5]. Полученная информация свидетельствует о подтоплении большинства районов города. Существенную трансформацию претерпел и химический состав грунтовых вод (увеличение общей минерализации в 2 раза). Можно отметить, что юго-западные, западные и северо-западные районы города сегодня могут быть отнесены к техногенно-подтопленным участкам с уровнем грунтовых вод (УГВ) меньше 2 м от поверхности земли.

В ряде районов курорта подъем УГВ за тридцать лет изменился с 4,5-7,3 м. ниже поверхности земли до 1,5-2,8 м соответственно (табл.2.). Мощность зоны аэрации за 30 лет в отдельных районах города сократилась в 3 раза. Подъём уровня способствовал засолению зоны гипергенеза и, как следствие,

увеличению минерализации грунтовых вод. Потери из городских водопроводных сетей достигают 41%, что привело к подтоплению ряда городских районов. При замене изношенных водоводов на новые, УГВ существенно понижается. В начале 1980-х гг. по ул. Кирова и Широкая были проложены новые водопроводные коммуникации, и УГВ понизился с 1,5-3 м. до 5,7-6,5 м. Мощность зоны аэрации увеличилась в 2-4 раза, что оказывает воздействие на распространение бактериологического загрязнения. Чем больше мощность зоны аэрации, тем выше сорбционная емкость пород, больше длительность конвективного переноса, и тем лучше защищенность грунтовых вод от загрязнения.

Таблица 2

Динамика уровня и минерализации грунтовых вод в отдельных районах г. Кисловодска

№ п/п	Район города	Годы	УГВ, м	Минерализация, г/дм^3
1.	Юго-запад (ул. Кольцова)	1976	4,5	0,90
		1990	*1,5*	*0,94*
2.	Запад (ул. Азербайджанская)	1980	2	1,75
		1990	*0,5*	*2,61*
3.	Восток (ул. Свердлова)	1979	5	0,91
		1991	*1,3*	*2,11*
4.	Центр (ул. Одесская)	1980	7,3	2,14
		1991	*2,8*	*2,04*
5.	Юг (ул. Грибоедова)	1974	>10,5	0,26
		1985	*6,5*	*0,64*

В связи с этим, при районировании территории за основу принята градация, предложенная И.К. Гавич [1]: мощность зоны аэрации менее 5,0 метров; мощность зоны 5,0 – 10,0 метров; мощность зоны более 10,0 метров. Самой опасной является первая зона, где мощность аэрации менее 5,0 метров. Это зона гидравлической связи поверхностных источников загрязнения с грунтовыми водами. Здесь загрязняющие вещества не разлагаются, не сорбируются породами и не окисляются. Зона от 5,0 до 10,0 является переходной. Это зона капиллярно-инфильтрационного режима. Она более защищена, но период прохождения загрязнений через нее является не в полной мере достаточным для ликвидации бактериального загрязнения. И, наконец, последняя, где мощность зоны аэрации более 10,0 метров. Это зона инфильтрационного режима. Процессы сорбции, разложения и окисления здесь происходят особенно активно, в связи с чем, степень защищенности ее достаточно высока. При районировании территории города по мощности зоны аэрации первая зона мощностью до 5 м была разделена на 2 подзоны с УГВ 0-3 м и УГВ 3-5 м. Выделение таких подзон способствует более детальному районированию и оценке динамики процессов подтопления и засоления территории. Таким образом, по положению уровня грунтовых вод на территории города выделены 4 зоны [7]:

1. Зона гидравлической взаимосвязи (критическая) УГВ – 0-3 м;
2. Зона гидравлической взаимосвязи (опасная) УГВ – 3-5 м;

3. Капиллярно-инфильтрационная зона (умеренно опасная) УГВ – 5-10 м;

4. Инфильтрационная зона (удовлетворительная) УГВ> 10 м

1. Зона с глубиной залегания грунтовых вод от 0 до 3 м. В г. Кисловодске к ней приурочены селитебная зона смешанной и одноэтажной застройки на юго-западе и северо-западе города. Площадь зоны за 30 лет увеличилась на 18,4%.

2. Зона с глубиной залегания грунтовых вод от 3 до 5 м соответствует центральной и западной частям городской территории с промышленными объектами и многоэтажной застройкой. К ней относится также курортная зона в юго-восточной части города. Площадь зоны за 30 лет увеличилась на 2,8%.

3. Зона с глубиной залегания грунтовых вод 5–10 м охватывает восток и северо-восток городской территории. Здесь располагаются промышленные здания и одноэтажная и многоэтажная застройка. Площадь зоны за 30 лет уменьшилась на 3,7%.

4. Зона с глубиной залегания уровня грунтовых вод более 10 м занимает примерно 16,1% городской территории. На востоке и северо-востоке города это селитебная и промышленная зоны с многоэтажной и смешанной застройкой. Площадь зоны за 30 лет уменьшилась на 17,4%.

Данная ситуация приводит к обводнению месторождения минеральных вод, что негативно сказывается на качестве источника Нарзан [4].

Под воздействием техногенного обводнения возросла и сейсмичность территории города. Если по данным 1994 г. участки с сейсмичностью 9 баллов составляли 18% территории, то по данным исследований 2006 г., подобные зоны достигают 75% [3].

Выполненное математическое моделирование геофильтрации и миграции загрязненных грунтовых позволило определить, что за 20-летний период ореолы распространения поллютантов от АЗС и неканализованных районов увеличатся более чем в два раза [7]. Причем в южной части города, где грунтовые воды находятся в гидравлической связи с водоносными горизонтами, может произойти бактериологическое и химическое загрязнение минеральных вод. Движение поллютантов соответствует направлению потока подземных вод на северо-восток.

Для определения химического и микробиологического состава грунтовых вод, были отобраны 3 пробы воды, соответственно в рекреационной, селитебной и промышленной функциональных зонах города. Первая проба отобрана из ист. Глазного в курортном парке; вторая из безымянного родника в западной селитебной зоне; третья из скважины 1 Г пробуренной на четвертичный водоносный горизонт в восточной промзоне (табл. 2.).

Поскольку разгрузка грунтовых вод происходит в реки Кисловодска, которые по водохозяйственному индексу относятся к 4 группе: водный объект рыбохозяйственного назначения второй категории, регламентом ПДК загрязняющих веществ для них является приказ № 552от 13.12.2016 [9]. Кроме того данные воды являются объектом культурно-бытового водопользования и регламентируются ГН 2.1.5.1315-03 [2]. В дальнейших

расчетах, учитывая статус города, в качестве ПДК принимались наиболее жесткие нормативы из вышеназванных.

Выполненные в рамках мониторинга лабораторные исследования, показали, что пробы воды, отобранные из родников в период с 2011 по 2017 гг., не отвечают нормативным требованиям по микробиологическим и санитарно-химическим показателям. Качество воды в них нестабильно и подвержено сезонным колебаниям.

Таблица 2

Химический анализ грунтовых вод, отобранных в рекреационной, селитебной и промышленной зонах Кисловодска

№ п/п	Наименование показателей	ПДК, мг/дм^3	Рекреационная зона, мг/дм^3	Селитебная зона, мг/дм^3	Промышленная зона, мг/дм^3
1	Марганец	0,01	0,07/7*	0,36/36	0,70/70
2	Аммоний	0,5	0,05	0,49	1,17/2,3
3	Мышьяк	0,01	0,02/2	<0,002	<0,002
4	Алюминий	0,04	0,14/3,5	0,45/11,3	0,40/10
5	Барий	0,7	1,5/2,1	0,28	0,21
6	Фосфаты	0,05	0,09/1,8	<0,01	0,03
7	Железо	0,1	0,14/1,4	9,83/98,3	24,6/246
8	Селен	0,002	0,001	0,0021/1,05	0,0034/1,7
9	Стронций	0,4	5,0/12,5	2,8/7,0	2,0/5
10	Нитриты	0,08	0,05	0,08/1,0	0,16/2,0
11	$БПК_5$	не > 4мг 0_2/дм^3	4,8/1,2	7,9/2,0	14,0/3,5
12	Минерализация	1000	841,91	1383,7/1,4	1038,7/1,1
	ИЗВ		4,7	25,8	55,8

*-ПДК данного вещества в воде

Результаты испытаний свидетельствуют о повышенных концентрациях в грунтовых водах марганца, алюминия, железа, селена, стронция и нитритов. В грунтовых водах в парковой зоне обнаружен такой опасный суперэкотоксикант, как – мышьяк (2 ПДК). По величине биохимического потребления кислорода ($БПК_5$) грунтовые воды относятся к грязным (рекреационная зона) и чрезвычайно грязным. При этом в исследуемых водах практически отсутствуют свинец, цинк, кадмий, ртуть и медь.

Индекс загрязнения вод (ИЗВ) соответствует грязным и чрезвычайно грязным водам – V-VII класс качества. Индекс загрязнения грунтовых вод, отобранных в промышленной зоне в 14 раз превышает значения ИЗВ вод, отобранных в парке.

Выводы:

1. Подъём уровня грунтовых вод в ряде районов города достиг критических отметок (УГВ <4 м). Площадь городской территории, где УГВ колеблется в интервале от 0 до 3 м, увеличилась на 18%.
2. Подтопление приводит к засолению и накоплению веществ 1-2 классов опасности в зоне гипергенеза города-курорта.
3. Основными антропогенными факторами вызывающим подъём уровня грунтовых вод, и их загрязнение являются: неканализованный жилой фонд; изношенность водопроводных и канализационных сетей.

4. Природным фактором, способствующим подъёму УГВ, являются атмосферные осадки, рост которых составляет 2,9 мм/год.

5. В меженный период, грунтовые воды, являясь основным источником питания рек, загрязняют их ТМ, мышьяком, соединениями азота, фосфатами.

6. При снятии антропогенной нагрузки (замена изношенных водоводов) УГВ понижается, что влечет за собой опреснение грунтовых вод.

7. Индекс загрязнения грунтовых вод соответствует чрезвычайно грязным водам (для промышленной и селитебной зон) и грязным (для рекреационной зоны).

Состояние грунтовых вод существенным образом влияет на общее экологическое состояние зоны гипергенеза курорта. По активности процессов гидродинамики уровней и концентраций загрязняющих веществ ситуацию с грунтовыми водами следует рассматривать как *критическую*[6].

Литература

1. *Гавич И.К.* Речной гидролитосферный бассейн – объект гидрогеологического картирования // Тезисы докл. конференции научно-преподавательского состава «Новые достижения в науках о Земле». М.: МГГА, 1993. С. 21-26.
2. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. М.: Минздрав РФ, 2003.
3. *Кузнецов Р. С.* Инженерно-геологические условия как градостроительный фактор особо охраняемой курортной территории, на примере г. Кисловодска// Вестник ТГУ. 2007. №303. С. 226-229.
4. *Малков А.В., Першин И.М., Помеляйко И.С.* Анализ экологического состояния гидроминеральной базы курорта Кисловодск //Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2016. № 1. С. 12-23.
5. *Помеляйко И.С.*Анализ состояния верхней гидродинамической зоны курорта Кисловодск // Разведка и охрана недр. 2014. №6. С. 43-48.
6. *Помеляйко И.С.* Результаты комплексного экологического мониторинга региона Кавказских Минеральных Вод» // Сергеевские чтения. Геоэкологическая безопасность разработки месторождений полезных ископаемых». Вып. 19. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. М.: РУДН, 2017. С. 333-339.
7. *Помеляйко И.С.* Системный анализ экологического состояния зоны гипергенеза урбанизированных территорий (на примере курорта федерального значения Кисловодска): Автореф. дис. … канд. техн. наук. Пятигорский государственный гуманитарно-технологический университет, 2012. 21 с.
8. Постановление Правительства Ставропольского края от 28.09.2009 N 255-п (ред. от 27.12.2012) "О краевой целевой программе "Модернизация жилищно-коммунального комплекса Ставропольского края на 2010 - 2012 годы".
9. Приказ от 13 декабря 2016 г. N 552 Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе норматив3ов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. М.: Минсельхоз России, 2017. 151 с.
10. Справка об уровне канализования г. Кисловодска. – Кисловодск: Кисловодский «Водоканал», 2015. 1 с.

ГОРНОДОБЫВАЮЩАЯ ОТРАСЛЬ ЭКОНОМИКИ И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО РЕСУРСА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

В.Т. Трофимов, Т.А. Барабошкина

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
119279 Москва. Ленинские горы.д.1. E-mail: ecolab@mail.ru

Горнодобывающая промышленность является одной из ведущих отраслей глобальной экономики. В пятерку стран с наиболее развитой добычей твердых полезных ископаемых входят Канада, Южная Африка, Австралия, Россия и Чили. Среди разнообразной продукции горнодобывающей отрасли значимую роль в Северной Евразии играют уголь, медь и железная руда.

Годовое количество извлекаемого человечеством из литосферы вещества уже более 40 лет превышает аналогичный показатель, производимый биотой сухопутных экосистем. По правилу «экологического бумеранга» техногенные процессы, происходящие в приповерхностной части литосферы, провоцируют широкий спектр негативных реакций у живых организмов, включая человека. В масштабах реального пространства и времени идет изменение экологических функций абиотических сфер на региональном уровне [8, 11, 12, 14].

Динамика удельной добычи минерально-сырьевых ресурсов литосферы четко коррелируется ростом народонаселения. Общая площадь нарушенных горной добычей земель в стране составляет около 1,5 млн. га. Еще больше площадь земель, занятых хвостохранилищами, складами, промплощадками, подъездными путями к горным предприятиям и др.

Характерной особенностью *открытых разработок* является повышенная землеемкость. В процессе горных разработок идет формирование техногенных отрицательных (карьеры, разрезы) и положительных форм рельефа (отвалы, терриконы, хвостохранилища и др.) (рис. 1), фиксируется механическая ликвидация ресурса биофильных элементов и органических веществ, необходимых биоте для жизнеобеспечения. Из биологического цикла изымаются продуктивные угодья (пашни, пастбища, сенокосы). Сокращается ресурс геологического пространства (РГП) для сельскохозяйственного освоения [1, 2, 3, 5, 13].

Так, например, в 2016 г. выявлено 410 карьеров по добыче полезных ископаемых на землях сельскохозяйственного назначения на площади 1,12 тыс. га, а проведена рекультивация только 52 карьеров на площади 33,8 га [1].



Рис. 1. Трансформация ресурса геологического пространства в районе Подмосковного угольного бассейна (фото Т.А. Барабошкиной).

Перемещение и складирование на поверхности огромных масс отходов горнодобывающей отрасли сопровождается не только изменением механического состава отложений, но и структуры геохимических полей. На территории горного отвода природные отложения перекрываются техногенными образованиями большой мощности, с нехарактерным для региона литолого-петрографическим и геохимическим составом. В результате в приповерхностных условиях идет концентрирование экологически опасных элементов. Под влиянием процессов выветривания осуществляется активный вынос H^{+}, Fe^{+2}, SO_4^{-2} и др., что вызывает смену кислотно-щелочных условий на локальном, а иногда и на региональном уровне. Синергетическим эффектом геохимических и механических процессов является нарушение равновесия в системе «геохимические поля

— биота» и изменение геохимической экологической геохимической функции литосферы [8, 10, 14].

Данные процессы и явления наблюдаются повсеместно в районах разрабатываемых месторождений полезных ископаемых. Качество РГП под влиянием изменения геохимической экологической функции литосферы снижается в первую очередь для расселения биоты и человека (табл. 1) (рис.2).

Таблица 1

Экологические следствия геохимической трансформации качества ресурса геологического пространства под влиянием горнодобывающей отрасли экономики

Тип месторождения	Основные техногенные изменения в абиотических компонентах: породы, донные осадки, подземные воды, почвы, снеговой покров.	Экологические последствия
Рудные (металлические)	Интенсивное накопление токсикантов и формирование лито- и сноугеохимических аномалий. Ассоциации элементов-загрязнителей обусловлена типом добываемой руды.	Уничтожение растительного покрова. Изменение мест обитания животных. Формирование техногенных биогеохимических провинций, рост профессиональных и эндемичных заболеваний (молибденозис, арсеноз и пр).
Каменная соль, высокоминерализованные воды и рассолы	Засоление почв, пород, снегового покрова и вод преимущественно NaCl, в меньшей степени KCl, MgCl; в отдельных случаях попадание в приповерхностную часть литосферы Sr, Br	Угнетение и смена биоценозов. Изменение мест обитания литофагов. Рост заболевания у населения, в том числе мочекаменной патологии.
Каменный и бурый уголь, горючие сланцы	Выброс CO_2, CO, NO_2, SO_2, при самовозгорании и окислении угля, выброс CH_4 при вентилировании выработок, сброс солей (NaCl, KC1 и др.) в дренажных водах; выброс V, Cr и др. Изменение минерализации и pH подземных вод. Увеличение подвижности соединений серы, азота и др. элементов.	Снижение процесса фотосинтеза у наземных растений. Смена фито- и зооценозов. Увеличение заболеваний верхних дыхательных путей, аллергозов и пр..
Урановые и уран-ториевые	Техногенная эманация Rn, Ra,Th. Привнесение попутных элементов Pb, Zn, Cd, Cu, As, Mo, Ag и др.	Морфоструктурные изменения у растений. Рост онкопатологии, заболеваний крови у местного населения и персонала и пр.



Рис. 2. Карьер Стойленского ГОКА (в окрестностях города Старый Оскол) (фото Т.А. Барабошкиной, 2018).

Экологические следствия изменения качества ресурса геологического пространства многообразны и наиболее ощутимы, как правило, в районах распространения многолетнемерзлых пород, подверженных влиянию горнодобывающих предприятий. Горные разработки в северных районах, вследствие низкой способности территорий к самоочищению и восстановлению, чрезвычайно обостряют и не без того экстремальные условиях существования коренных малых народов [4, 6].

В районах открытых горных разработок ликвидируются естественные микробо- и фитоценозы, животный мир мигрирует на новые места обитания, коренное население принудительно отселяется. В дальнейшем на формирующихся горных отвалах при отсутствии рекультивации, как правило, произрастает только рудеральная растительность. Примером могут служить отвалы Тульских угольных разрезов (рис.1).

При изменении качества РГП в районе горных разработок в качестве экологической мишени выступают не только фитоценозы, зооценозы, но и человек. Как, правило, фиксируется рост заболеваний бронхолегочной патологии, общей заболеваемости населения. Индивидуальные экологические последствия, как правило, обусловлены составом и технологией извлечения и переработки полезных ископаемых. Так, например, в районе урановых родников фиксируется рост онкопатологии (рак кожи, нижней губы, легких), заболеваний крови как у рабочих, так и у их детей и населения в целом, в районе вольфрам-молибденовых рудников – молибденовая подагра и пр.[4; 8;11]. Техногенные изменения, происходящие в абиотических компонентах эколого-геологических систем, вызывают широкий спектр экологических последствий, которые сводятся к ухудшению комфортности проживания, повышению заболеваемости и вынужденной миграции населения, деградации природных биоценозов, снижению качества

и потере ресурса геологического пространства, истощению минерально-сырьевых ресурсов.

Однако развитие современной цивилизации, невозможно без дальнейшего интенсивного развития горнодобывающего комплекса. Учитывая многовариантность экологических последствий, необходим более действенный междисциплинарный экологический контроль за деструктивными формами техногенного воздействия и порождающими их причинами.

Пути реабилитации качества ресурса геологического пространства регионов. Современные научные разработки и внедрение их в практику при формировании корпоративных программ устойчивого развития ведущих компаний позволяет осуществлять реабилитацию качества ресурса геологического пространства для формирования зон рекреации и других актуальных для социального развития регионов целей в целях решения стратегических задач экологической безопасности [7].

Интересный опыт зафиксирован во время полевых исследований 2018 г. в районе мелодобывающего карьера «Полигон», обеспечивающий «Белгородский цемент» карбонатным и глинистыми компонентами для производства портландцементного клинкера и цемента. Разработка участка идет открытым способом, а качество добываемого мела отвечает требованиям к карбонатному сырью для производства клинкера. Сопутствующим объектом разработки является глинистое сырье (Суммарная мощность толщи порядка 9 метров) [9].

При полевом исследовании зафиксированы отдельные места складирования почвенного слоя, который был снят до начала открытой разработки. В момент посещения карьера в сентябре 2018 г. на участке свыше 3 га зафиксирована плановая рекультивация отработанной площади сотрудниками «Белгородского цемента», путем высадки 2 тыс. саженцев белой акации. Важно отметить, что биологическая рекультивация ведется здесь с 2004 г., и за этот период высажено 35 тыс. саженцев деревьев на площади 43,4 га [9]. Несомненно, разработка и поиск наилучших доступных технологий для экстремальных эколого-геологических условий - длительный процесс, но это позволяет на региональном уровне обеспечить восстановление качества ресурса геологического для различных видов хозяйственного использования.

Разработка программ управляемого развития горнодобывающих регионов с целью восстановления качества ресурса геологического пространства Северной Евразии возможна только после выполнения комплекса эколого-геологических исследований, всесторонне отражающих взаимосвязи в системе «техногенно-измененная литосфера – биота – человек». По совокупности собранных данных осуществляется дифференциация техногенных и природных геологических факторов экологического риска, оценивается их реальный вклад в дестабилизацию экологической ситуации и только после этого целесообразно приступать к разработке сценариев оптимизации эколого-геологических условий.

Литература

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году – М.: Минприроды России; НИА-Природа. – 2017. – 760 с.
2. Информационный бюллетень о состоянии недр. М.: Геоинформмарк, 2012. С. 30–67.
3. *Кочетков М.В., Кашковский Г.Н*. Эколого-геологические проблемы в районах ликвидации угольных шахт. М.: ООО «Геоинформцентр», 2002. 56 с.
4. О состоянииисанитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2017 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2018.–268 с.
5. Оценка изменений геологической среды под воздействием угледобывающего комплекса/*Барабошкина Т.А., Жигалин А.Д., Матюшина Е.С. и др.* //Сергеевские чтения. Вып. 6. Инженерная геология и охрана геологической среды. Современное состояние и перспективы развития. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (23-24 марта 2004)- М.: ГЕОС, 2004. С. 224-227.
6. Природные опасности России. Геокриологические опасности. Под ред. Л.С.Гарагули, Э.Д.Ершова. М.: КРУК, 2000. 316 с.
7. Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 19 апреля 2017 г. № 176 М.: Кремль. 2017. 9 с.
8. *Трофимов В.Т., Барабошкина Т.А.* Экологическая геохимия—содержание, структура, задачи// Известия секции наук о Земле. РАЕН. 2001. Выпуск 7. С.53-61.
9. Ученые-геологи высоко оценили рекультивацию карьера «Белгородского цемента» [электронный ресурс] http://www.eurocement.ru/cntnt/rus/press/rus_news/n14872.html (дата обращения 30.09.2018).
10. Экологическая геология крупных горнодобывающих районов Северной Евразии (теория и практика)/ Под ред. *И.И.Косиновой / И. А. Антонова, В. В. Базарский, Т. А. Барабошкина и др*. — Воронеж: ОАО "Воронежская областная типография", 2015. — 576 с.
11. Эколого-геологические условия России. Трансформация экологических функций литосферы территории России под влиянием антропогенного воздействия и ее экологические последствия: учебное пособие. Том 2 / В. *Т. Трофимов, М. А. Харькина, Т. А. Барабошкина и др*. — "КДУ", "Университетская книга" Москва, 2016. — 280 с.
12. Экологические функции абиотических сфер Земли/Под редакцией В.Т.Трофимова / *В. Т. Трофимов, М. А. Харькина, Т. А. Барабошкина, А. Д. Жигалин*. — КДУ, Университетская книга Москва, 2018. — 608 с.
13. *BaraboshkinaT.* Ecological-geochemical mapping of the mining area // Mineral Exploration and Sustainable Development: Proceedings of the Seventh Biennial SGA Meeting. Vol. 1. Millpress Netherlands, Athens, Greece Millpress, Roterdam, 2003. P. 13–15.
14. *Trofimov V. T., Kurilenko V. V.* Ecological functions of the abiotic spheres of the earth: The content and significance for the formation of a new theoretical basis of geoecology // Moscow University Geology Bulletin. — 2015. — Vol. 70, no. 3. — P. 270–279.

3. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ГИДРОСФЕРЫ В ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНАХ

ГИДРОГЕОХИМИЯ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ОРЛОВСКОГО ТАНТАЛОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

В.А. Абрамова[1], Л.В. Замана[2]

[1,2] Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, 672002, г. Чита, а/я 1032.
E-mail: vera_abramova79@mail.ru, l.v.zamana@mail.ru

Разработка рудных месторождений сопровождается формированием техногенных гидрогеохимических систем с аномальными физико-химическими характеристиками. Восточное Забайкалье как горнопромышленный регион с почти 350-летней историей добычи различного минерального сырья (здесь в 1676 г. впервые в России выплавлен свинец [1]) и разнообразием его ландшафтно-климатических условий предоставляет широкие возможности для изучения таких систем. В настоящем сообщении представлены результаты по Орловскому месторождению тантала, которое разрабатывалось с 1962 г. около сорока лет и в настоящее время законсервировано.

Орловское танталовое месторождение находится в Агинском районе Забайкальского края в 180 км к юго-востоку от г. Читы. Это одно из двух (второе, Этыкинское, также законсервировано), вовлеченных в разработку месторождений танталониобатов, прогнозные ресурсы руд которых по восьми рудным районам Забайкальского края составляют сотни тысяч и миллионы тонн [6]. Месторождение локализовано в приводораздельной части среднегорного массива в лесостепной зоне со средней годовой суммой атмосферных осадков около 350 мм. Приурочено к апикальной части Хуху-Челотуйского штока в западной части Хангилайского плутона редкометальных гранитов кукульбейского комплекса позднеюрского возраста. В структурно-тектоническом плане месторождение расположено в Средне-Ононском брахисинклинории Агинской структурно-формационной зоны палеозоя. По металлогеническому районированию относится к Центральной металлогенической зоне редкометально-оловянно-вольфрамового рудного пояса Восточного Забайкалья [2], выделенного С.С. Смирновым.

Рудоносными являются амазонит-альбитовые граниты – фациальная разновидность гранитов кукульбейского комплекса в приконтактовой зоне с вмещающими интрузию песчано-сланцевыми породами триаса. Промышленная часть рудной зоны прослежена по простиранию на 800 м, по падению – на 200–500 м, мощность ее 36–85 м, с глубиной и удалением от контакта содержание тантала уменьшается. Минералы рудной зоны представлены альбитом ($Na(AlSi_3O_8)$), амазонитом ($(K,Na)AlSi_3O_8$)), кварцем (SiO_2), топазом ($Al_2(SiO_4)(F,OH)_2$), танталитом-колумбитом ($(Fe,Mn)(Nb,Ta,Ti)_2O_6$)), микролитом ($NaCaTa_2O_6F$), вольфрамитом ($(Fe,Mn)WO_4$)), монацитом ((Ce, La, Nd, Th)(PO_4)), флюоритом (CaF_2), пиритом (FeS_2), сфалеритом (ZnS), цирконом ($ZrSiO_4$), окислами железа и марганца (FeO_2, Fe_3O_4, Fe_2O_3, MnO_2) [6]. Тантал связан с микролитом и танталит-колумбитом. Содержание микролита (72–80% Ta_2O_5) находится в пределах 40–280 г/т, танталита-колумбита – 165–777 г/т. Среднее содержание Ta_2O_5 по месторождению – 0,14% [1].

Добыча танталового сырья на Орловском месторождении велась открытым способом (карьером). Хвосты обогащения сбрасывались в то же хвостохранилище, что и пульпа с линии обогащения вольфрамовых руд, расположенное вблизи и разрабатывавшееся одновременно с Спокойнинским месторождением, эксплуатируемым и в настоящее время.

Гидрогеохимическое опробование техногенно-нарушенных участков исследуемой территории выполнено в 2015-2016 гг. Объектами опробования послужили дренажный сток из-под отвалов и шпуровые скважины, пробуренные для производства взрывных работ в период разработки Орловского месторождения, пруд-отстойник хвостохранилища и др.

Водные пробы отбирались в неиспользованные ранее полиэтиленовые бутылки емкостью 1,0-1,5 л. На месте измерялись температура воды, pH и Eh. Для атомно-абсорбционного анализа на катионы и микроэлементы пробы фильтровались через бумажный фильтр с диаметром пор 2-3 мкм в пластиковые стаканы объемом 100 мл и подкислялись концентрированной (1:1) азотной кислотой марки ОСЧ. Для масс-спектрометрического анализа методом индуктивно-связанной плазмы (ICP-MS) пробы под давлением с помощью шприца фильтровались через мембранный фильтр с диаметром пор 0.45 мкм в свежие пластиковые пробирки или стаканы и подкислялись аналогичным образом сразу после фильтрования.

Химико-аналитические исследования проб воды на макрокомпоненты и некоторые микроэлементы проведены в аттестованной лаборатории ИПРЭК СО РАН. Методом ICP-MS пробы анализировались в Институте геохимии СО РАН (г. Иркутск).

Обработка данных осуществлялась по программе Microsoft Excel. Пересчет данных химических анализов воды по макрокомпонентам в эквивалентную и %-эквивалентную формы проводился по специальной программе, созданной в ИПРЭК СО РАН. Наименование химического типа воды дано по нарастанию содержания анионов и катионов с 20 %-экв. согласно отраслевому стандарту ОСТ 41-05-263-86 «Воды подземные. Классификация по химическому составу и температуре».

Полученные данные по химическому составу опробованных вод представлены в табл. 1. Для гидрогеохимических проб, отобранных из дренажных стоков отвалов и шпуровых скважин, отмечены сильнокислые величины pH 3,5; 3,89; 4,06 и 4,42 (пробы ОР-16-2, ОР-15-1, ОР-16-1 и ОР-15-5 соответственно). Остальные воды нейтральные и слабощелочные, pH варьирует в пределах 7,18–7,96. Высокие значения Eh (231, 421, 425 и 526 мВ) также характерны для кислых вод, а более низкие и отрицательные (до –87мВ) отмечены в пробах, отобранных в хвостохранилище.

Таблица 1.

Физико-химические характеристики вод горнопромышленных объектов Орловского ГОКа, Al–Pb – по результатам анализа ICP-MS

Показатели	Шифр пробы						
	ОР-15-1	ОР-15-3	ОР-15-4	ОР-15-5	ОР-15-6	ОР-16-1	ОР-16-2
pH	**3,89**	7,96	7,18	**4,42**	7,85	**4,06**	**3,5**
Eh, мВ	421	98	-87	231	1	526	465
CO_2, мг/л	-	2,64	9,02	-	7,04	-	-
HCO_3^-	-	162,3	226,3	-	213,5	-	-
SO_4^{2-}	1828	54,5	159,4	2808	59,7	1255	247,5
Cl^-	1,23	13,2	10,6	5,52	26,3	4,1	1,74
F^-	150,9	3,15	2,18	239,2	0,56	104,4	25,0
NO_3^-	16,7	2,25	0,84	56,5	16,3	6,49	2,71
Ca^{2+}	553,3	2,25	49,83	801,9	62,0	251,3	56,3
Mg^{2+}	214,5	13,2	36,8	339,03	12,2	30,3	7,61
Na^+	6,3	28,79	28,14	20,94	24,28	12,9	5,55
K^+	9,61	14,23	19,59	18,19	7,45	2,68	2,78
Σ ионов	2764	320,6	532,8	4232	406,0	1660,6	357
Si	24,1	2,51	8,33	22,8	7,42	32,7	10,5
$P_{общ.}$	0,057	0,078	0,14	0,05	0,63	0,064	0,062
Al	191,24	0,468	0,028	250,96	0,040	82,47	19,58
Mn	66,24	0,165	5,70	153,9	0,027	26,24	5,056
Fe	1,54	0,181	4,63	11,39	0,049	60,76	6,969
Sr	1,40	0,327	0,783	2,31	0,688	0,480	0,115
Co, мкг/л	53,3	0,35	6,80	638,0	0,40	210,0	31,0
Ni	307,0	2,1	29,0	267,0	1,30	120,0	18,0
Cu	295,0	2,6	8,2	725,0	3,5	1336	221,0
Zn	4697	4,66	70,0	11129	14,4	28427	9469
As	0,46	18,0	606,0	5,3	11,9	0,49	0,96
Cd	29,0	0,34	1,56	35,0	0,31	271,0	52,0
Pb	1,30	2,1	0,80	2,3	0,59	61,0	39,0

Примечания. Места отбора проб: ОР-15-1, ОР-15-5 – дренажный сток отвалов; ОР-15-3 – пруд хвостохранилища; ОР-15-4 – разгрузка в верхней сухой части хвостохранилища; ОР-15-6 – дренажный водоем под дамбой хвостохранилища; ОР-16-1, ОР-16-2 – из буровых шпуров в карьере месторождения. Прочерк – ниже предела обнаружения.

По химическому составу опробованные воды сульфатные магниево-кальциевые (проба ОР-15-1), сульфатные алюминий-магниево-кальциевые (ОР-15-5), сульфатно-гидрокарбонатные магниево-натриево-кальциевые (ОР-15-3), сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-магниевые (ОР-15-4),

сульфатно-гидрокарбонатные кальциевые (ОР-15-6), сульфатные кальциевые (ОР-16-1) и фторидно-сульфатные кальциевые (ОР-16-2). Подотвальные воды отличаются повышенным содержанием нитрата, источником которого являются остаточные продукты взрывчатых веществ в горной массе отвалов.

Кислые воды, как и по другим рудным месторождениям Забайкалья [5], отличаются аномально-высокими концентрациями металлов. Сравнение содержаний некоторых микроэлементов в рассматриваемых водах относительно средних значений для вод зоны гипергенеза [7] показало значительное превышение для Mn, Al, Zn, Fe и других элементов (рис. 1).

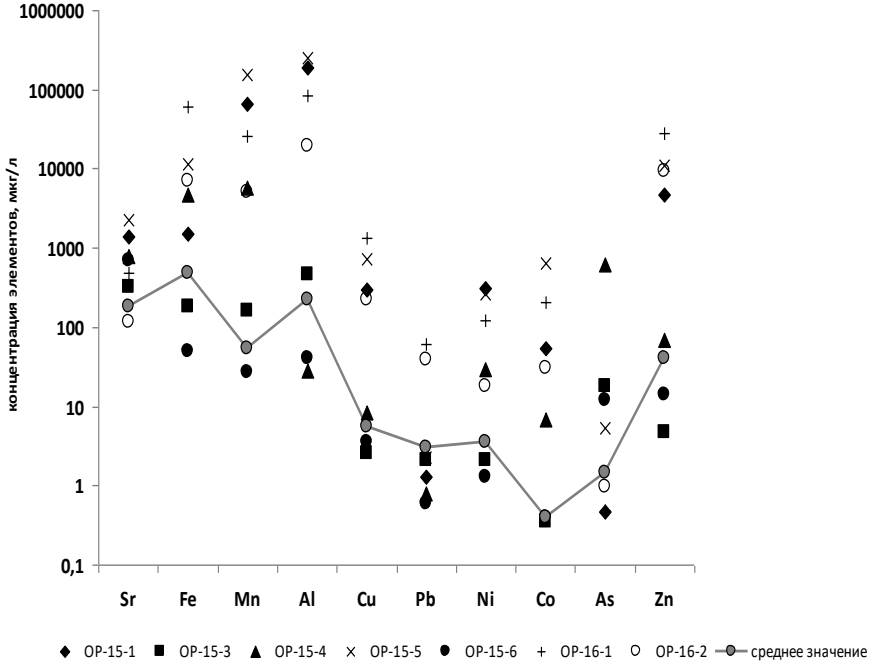


Рис. 1. Соотношение концентраций металлов в водах горнопромышленных объектов Орловского ГОКа и их средних значений для вод зоны гипергенеза по [5].

Для кислых вод, кроме металлов, характерен и фтор, что ранее отмечалось также по дренажным водам вольфрамовых месторождений [3, 4]. Концентрации его по валовому содержанию превышают равновесные по флюориту, кроме пробы ОР-15-6. При произведении растворимости CaF_2 в $4 \cdot 10^{-11}$произведение концентраций достигают $3{,}2 \cdot 10^{-6}$. Объясняется это миграцией фтора в виде комплексов с алюминием, преимущественно в форме AlF^{2-}, второй по значимости комплекс AlF_2^-. Концентрации Al и F изменяются синхронно (рис. 2).

Еще более согласованно изменяются концентрации цинка и кадмия (рис. 3). Но если в первом случае это обусловлено комплексообразованием при разных источниках элементов, то здесь такая синхронность вызвана одним источником – кадмий входит в состав сфалерита в качестве изоморфной примеси. Оба элемента находятся в ионной форме. То же характерно и для других металлов.

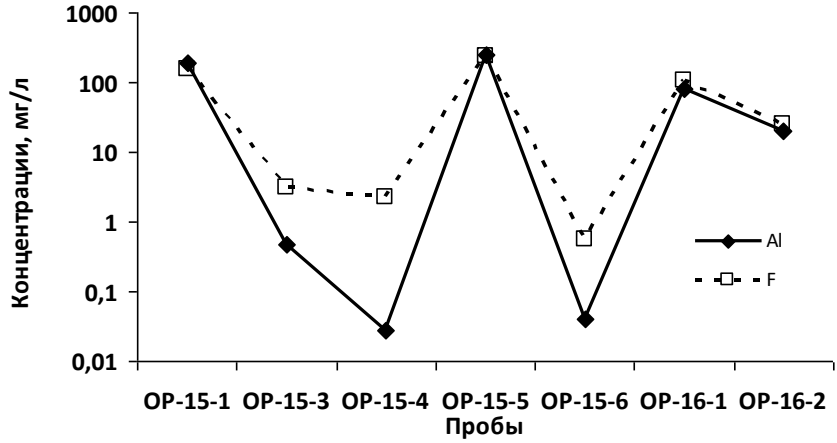


Рис. 2. Соотношение концентраций алюминия и фтора в рассматриваемых водах.

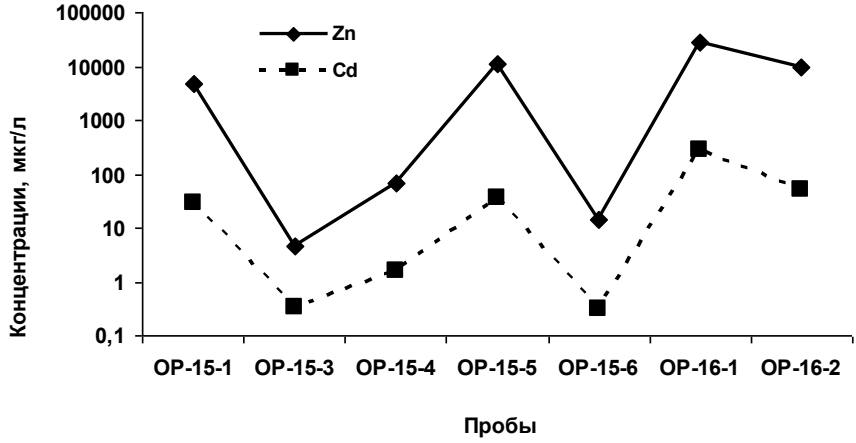


Рис. 3. Характер распределения цинка и кадмия в водах объектов исследований.

Таким образом, согласно типизации техногенно-трансформированных гидрогеохимических систем [5] изученные воды можно разделить на воды

первого и третьего типов с различным уровнем pH. Физико-химические характеристики таких систем во многом зависят от состава руд и вмещающих пород, ландшафтно-климатических и гидрогеологических особенностей территории, что, несомненно, влияет на концентрации и формы миграции рудных, сопутствующих и породообразующих элементов.

Литература

1 Геологические исследования и горнопромышленный комплекс Забайкалья: история, современное состояние, проблемы, перспективы развития / Г.А. Юргенсон, В.С. Чечеткин, В.М. Асосков и др. Новосибирск, Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1999.

2. *Гребенников А.М.* Орловское танталовое месторождение // Месторождения Забайкалья. Том. I, кн. 2. М.: Геоинформмарк, 1995. С. 96-107.

3. *Замана Л.В., Букаты М.Б.* Формы миграции фтора в кислых дренажных водах вольфрамовых месторождений Восточного Забайкалья // Докл. АН. 2004. Т. 396. № 2, с. 235-238.

4. *Замана Л.В., Чечель Л.П.* Геохимия дренажных вод горнорудных объ-ектов вольфрамового месторождения Бом-Горхон (Забайкалье) // Химия в интересах устойчивого развития. 2014. Т. 22. № 3, с. 267-273.

5 *Замана Л.В., Чечель Л.П., Абрамова В.А.* Гидрогеохимия зоны техногенеза рудных месторождений Восточного Забайкалья // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: мат-лы третьей Всерос. конф. с междунар. участием 20–25 августа 2018 г., г. Чита [Электронный ресурс] / Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука, Забайкальский государственный университет; [отв. ред.: к г.-м.н. Л.В. Замана, д.г.-м.н. С.Л. Шварцев]. Улан-Удэ, Изд-во БНЦ СО РАН, 2018. С. 39-46.

6 *Чечеткин В.С., Трубачев А.И.* Минеральные ресурсы Забайкальского края. Чита, ЗабГУ, 2013.

7. *Шварцев С.Л.* Гидрогеохимия зоны гипергенеза. 2-е изд., исправл. и доп. М., Недра, 1998.

ВЛИЯНИЕ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ТРАНСФОРМАЦИЮ ВОДОСБОРНОЙ ПЛОЩАДИ РЕК И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Ю.Ю. Алентьев

ООО «Научный инновационный центр Мониторинга природной среды» 143517, М.О., Истринский р-н, п. Глебовский, ул. Советская. 5, E-mail: alentev49@mail.ru

На текущий момент добыча нерудных полезных ископаемых (ПИ) по объёму сопоставима с добычей рудных ПИ, а в районах где ведется интенсивное строительство - существенно превышает, так как 90% добываемых нерудных полезных ископаемых приходится на строительные материалы.

Для добычи нерудных полезных ископаемых (особенно для строительных материалов), исходя из экономической рентабельности, чаще всего используется открытый способ разработки, несмотря на то, что данный способ является наиболее ущербным для экологического состояния района разработки ПИ.

В качестве основных факторов негативного воздействия на окружающую среду при открытой разработке нерудных полезных ископаемых выделяют:

- загрязнение атмосферного воздуха пылью и газами при работе горнотранспортных механизмов,
- загрязнение земель выбросами работающих горнотранспортных механизмов,
- акустическое воздействие от работы карьерной техники,
- нарушение полноты извлечения полезных ископаемых,
- изменение рельефа территории, с последующим изменением гидрогеологических и гидрологических условий территории размещения карьеров,
- загрязнение поверхностных и подземных вод [1,2].

При этом в типовых отчетах поисково-оценочной стадии по строительным полезным ископаемым в главе, посвященной охране окружающей среды, двум последним факторам негативного воздействия (изменению рельефа территории, с последующим изменением гидрогеологических и гидрологических условий территории размещения карьеров и загрязнения

поверхностных и подземных вод) уделяется не достаточно внимания, особенно явно это становится при расположении карьеров на водосборной площади вблизи крупных естественных водотоков.

На рис. 1 приводится принципиальная схема водосборного участка в Московской области, на котором был размещен карьер по добыче песка.

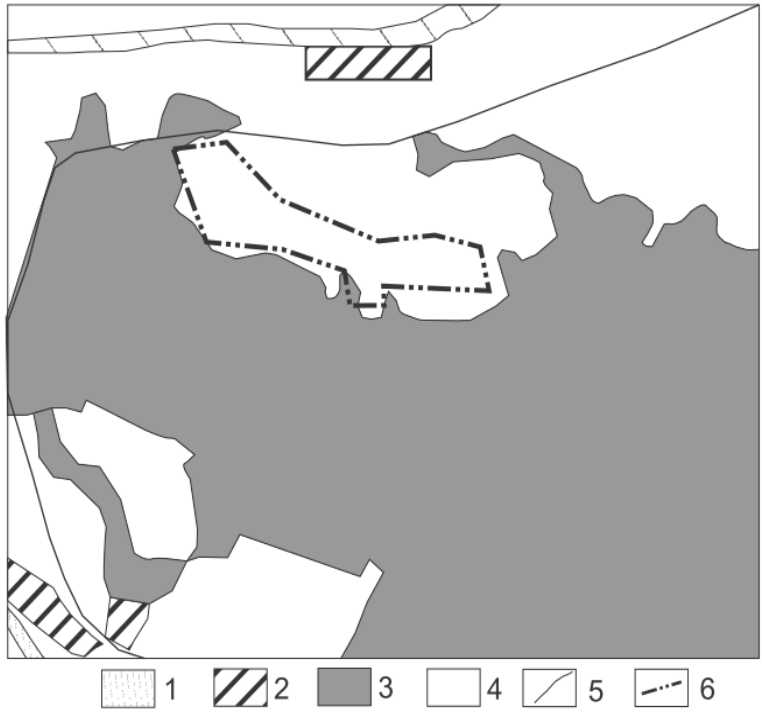


Рис. 1. Принципиальная схема участка водосборной площади:
1-река; 2-населенные пункты; 3-лесные ландшафты; 4-полевые ландшафты; 5-шоссейная дорога; 6-граница карьера.

На рис. 2 показана модель рельефа водосборной площади, с нанесенными на нее основными линиями тока поверхностного стока, до создания карьера.

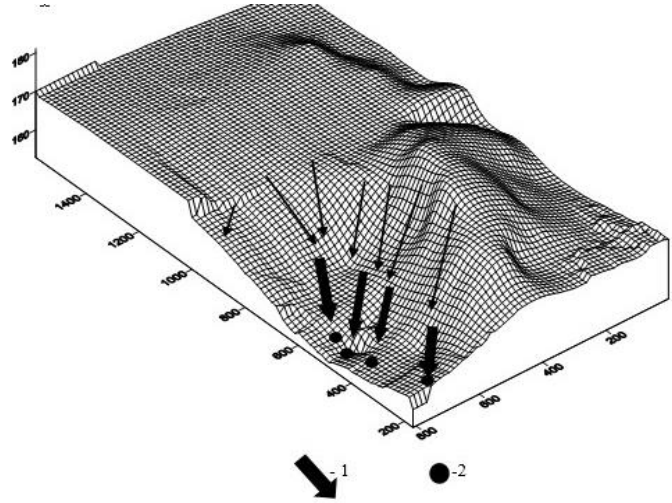


Рис. 2. Модель рельефа водосборной площади до создания карьера:
1-направления движения поверхностного стока; 2-водопропуски под шоссе.

Рис. 3 отображает модель рельефа водосборной площади после создания карьера и перераспределения линий тока поверхностного стока.

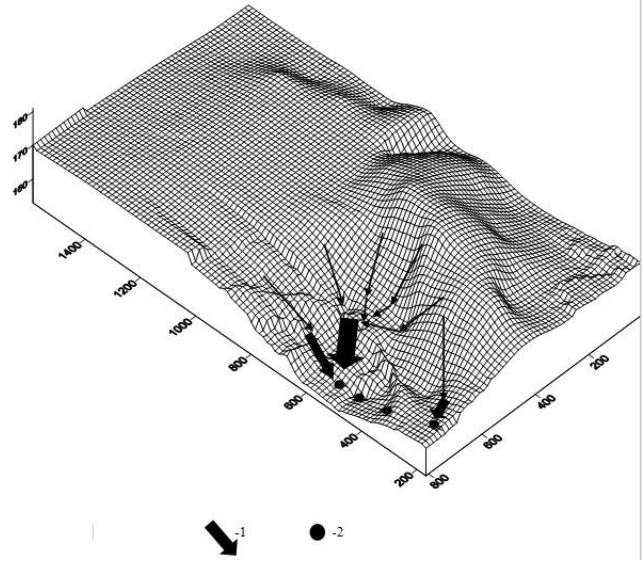


Рис. 3. Модель рельефа водосборной площади после создания карьера:
1-направления движения поверхностного стока; 2-водопропуски под шоссе.

Анализ данных, приведенных на рис. 2 и 3, свидетельствует о том, что после создания карьера произошло перераспределение направлений движения основных объемов поверхностного стока, которые не были учтены при проектировании карьера. В результате, основной объём поверхностного стока под шоссе пошел по двум водопропускным сооружениям вместо четырех, что привело к увеличению нагрузки на водопропускные сооружения в 1,5-2 раза и стало причиной подтопления поселка, расположенного в непосредственной близости от карьера (рис. 1), в весенний паводковый период.

На рис. 4 показан пруд на дне рассматриваемого карьера, основным источником питания которого являются атмосферные осадки.



Рис. 4. Пруд на дне карьера, вид с борта.

На основании табл. 1 составлен геохимический спектр (рис. 5).

Таблица 1

Содержание макро- и микрокомпонентов в осадках и воде пруда

Химический элемент	Среднее содержание в осадках мг/л	Содержание в осадках за 30.10.17 мг/л	Содержание в пруду на дне карьера 24.10.17 мг/л
Натрий	0,482757	2,15440	3,1543
Магний	0,33679	0,12070	3,2075
Кальций	2,215209	3,73340	36,1051
Марганец	0,017255556	0,01340	0,00671
Железо	0,050927778	0,09720	0,1487
Медь	0,002861667	0,00331	0,0013
Никель	0,000984444	0,00029	0,0000
Алюминий	0,005491111	0,02070	0,2023
Бор	0,010255556	0,00250	0,00743
Стронций	0,008518889	0,00368	0,0902
Лантан	0,00002	0,00005	0,00027
Церий	0,00005	0,00008	0,00076
Празеодим	0,00001	0,00001	0,00006
Неодим	0,00001	0,00005	0,00031
Самарий	0,00000	0,00001	0,000043
Гадолоний	0,00000	0,00001	0,000043
Диспрозий	0,00000	0,00001	0,00002
Уран	0,00000	0,00000	0,00089

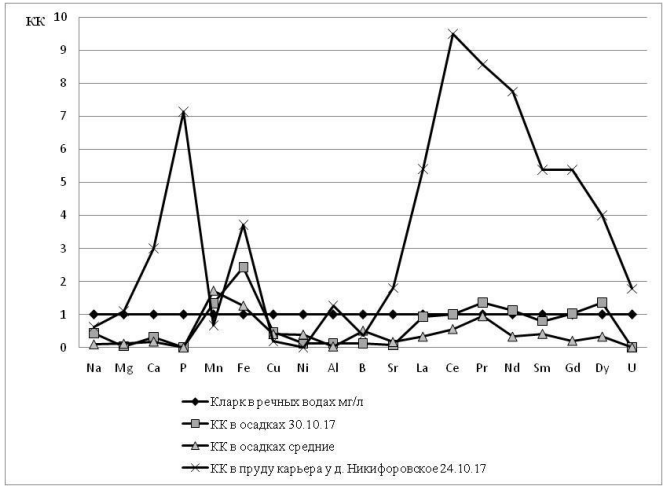


Рис. 5. Геохимический спектр.

Из геохимического спектра видно, что несмотря на то, что содержание рассматриваемых компонентов не превышает предельно допустимых концентраций (по ГН 2.1.5135-03), вода пруда по компонентам характерным для редкоземельных минералов значительно превышает средние кларковые значения [1, 2].

Из приведенных выше данных можно сделать вывод, что при проектировании объектов по добыче даже нерудных полезных ископаемых необходимо провести комплексное всестороннее исследование по оценке возможного воздействия данного производства на окружающую среду, особенно, если территория проектируемого объекта приурочена к сложным или «нестандартным» природным или ландшафтным участкам.

И только после этого, на основании данных исследований, принимать взвешенное решение о целесообразности горного производства на данной территории. А при его создании предусмотреть комплекс мероприятий по минимизации негативного антропогенного воздействия на окружающую среду.

Литература

1. *Алентьев Ю.Ю.* Влияние открытой разработки нерудных полезных ископаемых на изменение химического состава поверхностных вод// Вопросы естествознания. 2018. № 2, с. 9-12
2. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. М., 2003
3. *Назаренко Н.В*. Проблемы рекультивации нарушенных земель на карьерах общераспространенных полезных ископаемых в Белгородской области и пути их решения// Проблемы региональной экологии. 2011. № 2

КАЧЕСТВО ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ И ТОЧНОСТЬ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ ПРИ ЗАТОПЛЕНИИ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Г.И. Батрак

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

Введение. Режимы уровней и дебита подземных вод в шахте являются важнейшими характеристиками, так как от них напрямую зависит поддержание безопасной с точки зрения развития экзогенных процессов глубины до уровня воды на подработанной территории, а также стоимость работ по поддержанию этой глубины [1].

Гидродинамический режим является ключевым индикатором при затоплении одиночных шахт и систем гидравлически связанных шахт. Прогнозированию, в первую очередь, подвергаются скорость подъема уровня воды в шахте, срок затопления шахты, положение установившегося после затопления уровня воды и возможность выхода ее на поверхность, расход воды, который будет изливаться на поверхность земли или отбираться системой водопонижения в целях сохранения безопасного уровня шахтных вод, а также химический состав подземных вод и его изменчивость со временем. Гидродинамический режим является отражением существующего баланса подземных шахтных вод, поэтому необходим при составлении и верификации любых прогнозных моделей.

Прогнозы затопления шахт сильно отличаются от большинства гидрогеологических прогнозов, в том числе, и составляющимся для горных работ открытого типа. Эта специфика определяется тем, что помимо горных пород данные природно-технические системы содержат большие объемы пустого на время разработки пространства. Вода в этом пространстве течет значительно быстрее, чем в горных породах. Ее течение уже не подчиняется законам механики сплошной среды, а подчиняется законам гидравлики. По сути, шахты представляют собой подземную емкость сложной формы с проницаемыми стенками. В тех случаях, когда мы имеем несколько гидравлически связанных шахт, вода может перетекать между ними, причем, как относительно медленно, так и катастрофически быстро.

В настоящее время существует несколько методик прогнозирования. Часть из них базируется на линеаризованных зависимостях скорости подъема уровня воды и объемов водопритока от глубины. Часть на балансовых уравнениях, в которых важнейшую роль играет подсчет объемов выработанного пространства. В простых случаях неплохую сходимость дают регрессионные кривые. Наиболее перспективным, все же, приходится признать метод трехмерного численного моделирования фильтрации воды. Однако все эти методы сталкиваются с объективными трудностями между

требованиями к точности и достоверности прогнозов и качеством исходных данных, которые могут быть положены в основу этих прогнозов. Кроме того, последний метод в случае с затапливаемыми шахтами имеет ту сложность, что требует много времени и усилий на сбор и подготовку исходной информации, которого часто не хватает. Это происходит потому, что гидрогеологический прогноз во многих случаях составляется уже после закрытия шахт, когда уровни воды начинают быстрый подъем.

Факторы и условия формирования режима. Исходными материалами для изучения закономерностей формирования режима подземных вод ликвидируемых шахт явились шахты Приморья, Печоры, Подмосковного бассейна, Восточного Донбасса и Сланцевского района Ленинградской области. На основе изучения этих регионов были обобщены основные факторы и условия формирования режима подземных вод ликвидируемых шахт. При этом под условиями здесь понимается та природно-техногенная обстановка, которая остается практически неизменной за время затопления шахт, а под факторами понимаются процессы, которые изменяясь сами, изменяют и режим подземных вод [1].

К основным природным условиям относятся: открытая трещиноватость (закарстованность); осложненность тектоническими нарушениями; наличие зон сжатия и растяжения; проницаемость пород, заполняющих тектонические нарушения; наличие внедрения «боковых пород». К основным техногенным условиям относятся: объем выработанного пространства; трехмерная конфигурация выработанного пространства; состояние целиков; наличие сбоек между шахтами, а также их пропускного сечения, глубин расположения и состояния; поддерживаемая норма осушения подземных и погружных водоотливов (в случае их функционирования); число и мощность отрабатываемых пластов. К основным природным факторам формирования режима относятся: режим атмосферных осадков; приток с естественных границ; обрушение кровли выработанного пространства; раздавливание целиков горным давлением; изменчивость коэффициента остаточной пустотности по мере затопления шахт; раскольматация задавленных выработок при росте градиентов напора. К основным техногенным факторам, в первую очередь, следует отнести: режим водоотбора (какой мощности насосное оборудование и с какой периодичностью включается); переход с подземного на погружной водоотлив; функционирование гидравлически связанных шахт, где продолжается добыча; изменение технологий эксплуатации шахт.

Закономерности формирования гидродинамического режима затапливаемых шахт. Остановка принудительного водоотлива из шахты приводит к резкому уменьшению глубины депрессионной воронки, которое при отсутствии безопасного поддерживаемого уровня шахтных вод, выходит на полностью компенсированные значения уровней, что в отдельных случаях сопровождается выходом воды на поверхность земли. Так называемый *компенсационный гидродинамический режим* является нарушенным, в нем присутствуют как естественная, так и искусственная составляющие колебаний. Общими закономерностями такого режима являются [1]:

1. Уменьшение влияния внутригодовой динамики, объясняющейся инфильтрационным питанием подземных вод с глубиной. Так при глубине в несколько сотен метров, осцилляции, обусловленные вертикальной составляющей питания, практически не прослеживаются. На глубинах в 100 и менее метров такие колебания могут быть зафиксированы весьма четко.

2. В том, что касается многолетней динамики, то ее проявление зависит в значительной степени не только от глубины до уровня, но и от геологического строения территории. Так при пологом залегании пластов проникновение атмосферных дождевых и талых вод затруднено необходимостью преодоления водой слабопроницаемых отложений при чередовании геологических слоев. Питание в этом случае может растягиваться на годы, а пики, обусловленные высокой водностью, имеют гораздо более сглаженные амплитуды и временную задержку в проявлении. При крутом залегании слоев у инфильтрующихся вод появляется возможность быстрого проникновения в подземные воды, часто, в течение одного сезона. Это приводит к пиковым поднятиям в уровнях подземных вод или к пиковым нагрузкам на водоотлив, что необходимо учитывать при создании проектов водопонижения. Так, соседние шахтные районы, имевшие одинаковое количество осадков в течение одного года, но разное геологическое строение, демонстрируют разную динамику восстановления уровней.

3. Чем больше глубина до уровня шахтных вод, тем быстрее скорость подъема. Эта закономерность объясняется большими градиентами потока на начальных стадиях затопления и, соответственно, более быстрым притоком воды с границ.

4. При достижении поднимающимся уровнем подземных вод очередного выработанного горизонта, скорость подъема резко замедляется на период заполнения горных выработок. После заполнения скорость подъема возвращается к ранее отмеченной закономерности. Продолжительность периода замедления определяется емкостными свойствами выработанного горизонта.

5. При наличии гидравлически связанной системы взаимодействующих шахт к приведенным закономерностям добавляются новые. При достижении уровнем воды в шахте отметки действующей гидравлической связи с другой шахтой, имеющей более низкий уровень воды, подъем останавливается до времени достижения уровнем воды второй шахты отметки гидравлической связи и далее в обеих шахтах поднимается с высокой степенью синхронности.

Влияние подработки территории на режим подземных вод верхних водоносных горизонтов. При технологии отработки угольных пластов лавами происходит обрушение выработанных участков угленосного слоя, мощность которого может варьироваться. При наличии нескольких отрабатываемых горизонтов объем выработанного пространства в несколько раз возрастает. В результате, особенно, при неглубоком залегании пластов вышележащие породы деформируются, что приводит к оседанию земной поверхности и формированию техногенного рельефа. В Подмосковном

угольном бассейне осадки достигают первых метров, а, например, в Приморье достигают 15-20 м. Причем, участки, на которых оставлены целики, сохраняют отметки поверхности, существовавшие до начала работ. В результате рельеф может представлять собой сопки техногенного генезиса. Часто, на осевшей территории, образуются вторичные мульды оседания незначительных размеров, осложняющие поверхность большей мульды.

В случае, если ликвидация шахт велась с оставлением крепи, последующее оседание происходит более плавно. Все это приводит к разной степени деформации водоносных и водоупорных слоев над выработанным пространством. Геологический разрез при этом существенно меняется. Даже при пластических деформациях часто происходит пережим водоносных горизонтов, нарушение целостности водоупоров, приводящее к интенсификации водообмена между горизонтами.

С точки зрения режима подземных вод, это приводит к выравниванию уровней подземных вод в разных горизонтах и к повышению синхронности их изменений под влиянием естественных и техногенных факторов. Снижение гипсометрических отметок поверхности земли приводит к уменьшению глубин до уровня подземных вод в верхних горизонтах. При изменении геометрии подземного пространства иногда меняется направление потока подземных вод, хотя, как правило, локально.

Дополнительная техногенная нагрузка на рекультивируемых территориях может еще больше изменить условия формирования подземных вод. Пруды и плотины, засыпанная эрозионная сеть, дороги, перекрывающие путь воде, отстойники и хвостохранилища - все это вносит изменения в баланс подземных вод и отражается на их режиме.

Это может приводить к нежелательным последствиям для расположенных в зоне воздействия населенных пунктов. Так, в Тульской области в д. Дедилово расположены две шахты, закрытые в середине 1990-х годов: Дедиловская и Комсомольская. Обе шахты расположены на высоких водораздельных участках. После выведения шахт из эксплуатации произошло восстановление уровней, однако, в том числе и за счет оседания поверхности баланс подземных вод изменился, что явилось причиной подтопления домов, расположенных в низинной части на слиянии рек Олень и Шиворона. Если во время эксплуатации откачиваемые воды объемом 1134 $м^3$/сут сливались в притоки реки Олень, и реки были полноводнее, а уровни грунтовых вод ниже за счет перетока в нижележащие горизонты при осушении шахт даже на приречных территориях, то после ликвидации шахт реки обмелели, а уровни грунтовых вод поднялись. При этом оседание земной поверхности в среднем на два метра усугубило ситуацию с подтоплением.

Погрешности прогнозов гидродинамического режима шахтных вод. Как и для естественного режима, основными методами прогноза режима подземных вод затапливаемых шахт являются балансовый, гидродинамический и генетико-статистический.

На сегодняшний день в шахтных полях основное место занимает балансовый метод. Большой объем выработанного пространства, известный с высокой точностью и пространственной привязкой, позволяет достаточно

качественно прогнозировать скорость подъема уровня и объемы воды в массиве. Основную сложность здесь представляет неопределенность знаний о состоянии гидравлических связей между шахтами. В ряде случаев мы можем не знать существуют ли соединяющие горные выработки. В случае их наличия на отработанных горизонтах, они могут полностью или частично закрываться под действием горного давления. Трудную проблему представляет собой наличие ненормативных целиков горных пород, которые фильтруют через себя воду. Однако при высоких градиентах напора в соседних шахтах целик может быть просто выдавлен, и образуется новая гидросвязь.

При гидродинамическом методе могут использоваться как аналитические решения, так и численные при помощи построения гидродинамических моделей. Первый подход дает грубые приближения вследствие невозможности учесть всю сложную подземную инфраструктуру. Численные модели позволяют задать все разнообразие природных и техногенных условий, однако, редко дают возможность качественно воспроизвести ситуацию, сложившуюся до начала разработки месторождения, так как разработка началась очень давно, иногда в XIX веке, и достоверных геологических данных того времени не сохранилось.

Отдельно нужно выделить разного рода линеаризации и асимптотики, полученные путем существенного упрощения уравнений гидродинамики, например, квадратическую зависимость притока от водопонижения. В ряде случаев при недостатке времени на прогноз или скудности исходных данных они являются основным инструментом для оперативной оценки ситуации.

Генетико-статистический метод в данном случае использует в основном аппарат разного рода регрессионных зависимостей, которые также дают довольно качественный результат, правда, более предпочтительный при отсутствии нескольких гидравлически связанных шахт. Влияние угла падения на проницаемость массива. Как известно, в подрабатываемом массиве при его отработке формируется зона беспорядочного обрушения, выше зона повышенной трещиноватости, далее зона прогиба. Эта закономерность характерна для пологого падения слоев. При крутом падении, особенно при невысокой мощности отрабатываемого пласта, выработанное пространство становится ближе к вертикали. Такая выработка может схлопываться под действием горного давления практически без образования трещиноватой зоны.

Соответственно, к неопределенностям относится также число шахт, входящих в гидравлически связанную группу. При наличии двух гидравлически связанных шахт, каждую из которых предполагается оборудовать водоотливом, не точно определяемым является распределение перетока между ними. Трудно определяемой является проводимость тектонических нарушений, особенно при литологической изменчивости разреза.

Скорость подъема уровня является индикатором перетока между шахтами только на относительно продолжительном интервале времени, как правило, первые месяцы, так как емкостные свойства в вертикальном разрезе

меняются (за счет остаточной пустотности и природной анизотропии), и в шахте, в которую начался переток воды, скорость подъема уровня может даже замедляться, что было неоднократно зафиксировано.

Неопределенности прогнозов также связаны со сложностью оценки гидравлической связи между водоносными горизонтами в вертикальном разрезе, которая явилась следствием нарушенности водоупорных толщ под действием подземных горных работ. При наличии ненормативных целиков между шахтами может происходить их раздавливание и прорыв воды в соседнюю шахту. Для этого необходимо наличие большого гидродинамического давления, т.е. уровень воды в одной из шахт должен быть значительно, как правило, на несколько сот метров выше, чем в другой шахте. Тогда в режиме подземных вод затапливаемой шахты может образовываться временное снижение уровня воды. Учитывая возможность наличия ненормативных целиков на разных уровнях, такие события в режиме подземных вод могут происходить неоднократно.

Сложно оценить бывает и изменчивость фильтрационных свойств, которая не может быть оценена опытно-фильтрационными работами, особенно при глубоком залегании пластов. Как известно, трещиноватость горных пород затухает с глубиной роль, однако, характер затухания и характерные глубины редко бывают известны. В определенных условиях неизвестными могут быть объемы воды, зависшие над подземными выработками в изолированных в фильтрационном отношении частях массива горных пород. Часто вызывают сомнения данные о водопритоках в шахты во время их эксплуатации, а также достоверность планов горных работ, особенно, по очень старым отработанным пластам. В силу перечисленных причин не всегда бывает возможным даже определить направление движения подземных вод при затоплении систем гидравлически взаимосвязанных шахт.

Неопределенность связана и с трансграничными перетоками. Ряд месторождений находятся на территории нескольких государств и разрабатываются независимо. Информация об условиях разработки водоотливах, глубинах, мощности разделяющих целиков, скоростях и уровнях затопления ликвидированных шахт часто отсутствует. Заброшенные шахты, в которых отсутствуют вертикальные горные выработки, через которые можно произвести замеры уровня, отобрать пробы воды или запустить маркеры.

Литература

1. *Батрак Г.И.* Закономерности формирования гидродинамического режима затапливаемых шахт/ Мониторинг. Наука и технологии. №6. 2018 (в печати).

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ МИКРОКОМПОНЕНТЫ В СОСТАВЕ ПРИРОДНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

П.А. Белкин, А.Ю. Пузик

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
614990 Пермь, ул. Букирева, 15, pashabelkin@mail.ru

Введение. Проблема влияния разработки месторождений калийных солей на состав приповерхностной гидросферы проявила себя уже на заре калийного производства, в начале XX века. В Германии, где первые предприятия по добыче и переработке калийных солей начали действовать в 60-х гг. XIX в., сброс промышленных стоков в речные воды уже в 1910 г. привел к значительному снижению качества питьевых вод в р. Везер и некоторых других реках бассейна Рейна [12].

Наиболее ярко трансформация химического состава подземных вод зоны активного водообмена проявляется в районах с гумидным типом климата, где количество атмосферных осадков превышает испарение. Сочетание повышенной увлажненности территории и выбора технологий поверхностного складирования водорастворимых отходов создаёт очевидные предпосылки для потенциального преобразования приповерхностной гидросферы. Стоит отметить, что крупнейшие разрабатываемые калийные месторождения – Саскачеванское, Верхнекамское, Старобинское, цехштейновые месторождения Западной Европы – располагаются в гумидных регионах.

Исследования химического состава поверхностных вод и подземных вод зоны активного водообмена в районах разработки калийных месторождений в связи с ухудшением качества этих вод, часто используемых в питьевых целях, проводятся во всех калий-добывающих регионах. В большинстве таких исследований отмечаются такие изменения в составе вод, как рост минерализации, общей жесткости, смена анионно-катионного состава, которые закономерно происходят при растворении солей и продуктов их переработки.

Вместе с тем, в природных водах, подверженных влиянию техногенных процессов разработки месторождений калийных солей, зачастую имеет место трансформация микроэлементного состава этих вод. Исследованиям особенностей такой трансформации посвящено значительно меньшее количество работ.

Исследования состава сточных вод с солеотвалов и шламохранилищ, а также их дальнейшего влияния на состав подземных вод на территории Верхнекамского месторождения солей, проводились Е.А. Хайрулиной и Н.Г. Максимовичем [5-7]. Наряду с крайне высокими концентрациями

хлоридов натрия и калия отмечено повышенное содержание широкого ряда микрокомпонентов: Sr, Mn, Pb, Ba, Cr, Zn, Li, V и других редких элементов.

Подобные результаты получены исследователями подземных вод в Испании, Германии, Франции и других странах. В работе N. Otero [11] представлены результаты опробования сточных и природных вод в бассейне р. Льобрегат (Llobregat) на северо-востоке Испании, где располагается ряд предприятий калийной промышленности. Среди микрокомпонентов отмечено повышенное содержание стронция, присутствие марганца, цинка, меди и свинца.

Результаты изучения состава природных вод в регионе верхнего Рейна, где долгое время действовали калийные предприятия Эльзаса, представлены в работах [8-10]. В микроэлементном составе вод региона отмечено присутствие рубидия, стронция, бария. Сходные данные по исследованиям в Тюрингии (Германия) представлены в работе [13].

Целенаправленные исследования содержания тяжелых металлов в техногенных гидрохимических потоках на территории горнодобывающих предприятий Урала проводились Б.А. Бачуриным [1]. Для Верхнекамского месторождения калийных солей автор отмечает элементы, чье содержание в стоках значительно превышает установленные предельно-допустимые концентрации (в мг/дм^3): Mn (220,5), Fe (99), Pb (11,8), Zn (8,1), Co (4,9), Ni (4,6), Cu (4,3), Cr (0,88).

С целью определения конкретного перечня микрокомпонентов состава природных вод приповерхностной гидросферы, рост концентраций которых может быть обусловлен процессами разработки месторождения калийных солей, проведены настоящие исследования в пределах Верхнекамского месторождения солей.

Объект и методика исследования. Исследуемая территория располагается в окрестностях г. Соликамска, в среднем и нижнем течении р. Усолки. В левобережной части бассейна реки располагаются действующие калийные предприятия. В правобережной части крупные производства, в том числе калийные, отсутствуют.

Для определения фонового микроэлементного состава подземных вод проведено опробование пяти родников, разгружающихся на правом берегу р. Усолки. Подземные воды приурочены к верхнесоликамской терригенно-карбонатной подсвите (P_1sl_2 – родники R1; R5; R11; R25), а также к шешминскому терригенно-карбонатному комплексу (P_1šš – родник R4). Подземные воды пресные (минерализация 0,4-0,5 г/дм^3), гидрокарбонатно-кальциевые.

Отбор проб подземных вод, подверженных влиянию калийного производства, проводился в непосредственной близости от действующих предприятий. Опробованы две зоны разгрузки подземных вод. Первая расположена в 800 м в северо-западном направлении от дамбы шламохранилища, представляет собой группу из пяти родников (опробованы четыре из них). Эти родники приурочены к юго-восточному борту техногенного озера. Вторая зона представляет собой разгрузку родников на левом берегур. Усолки, в черте г. Соликамска. Проводилось опробование двух родников, расположенных на расстоянии 1000–1200 м от солеотвала.

Подземные воды, опробованные в перечисленных зонах разгрузки приурочены к верхнесоликамской терригенно-карбонатной подсвите. Воды родников характеризуются повышенной минерализацией (свыше 1,5 г/дм^3), хлоридно-натриевым и хлоридно-кальциевым составом.

Вместе с опробованием подземных вод был произведен отбор проб поверхностных вод р. Усолки выше и ниже по течению относительно предприятия (створы ST-1 и ST-2). Схема расположения всех точек опробования приведена на рис. 1.

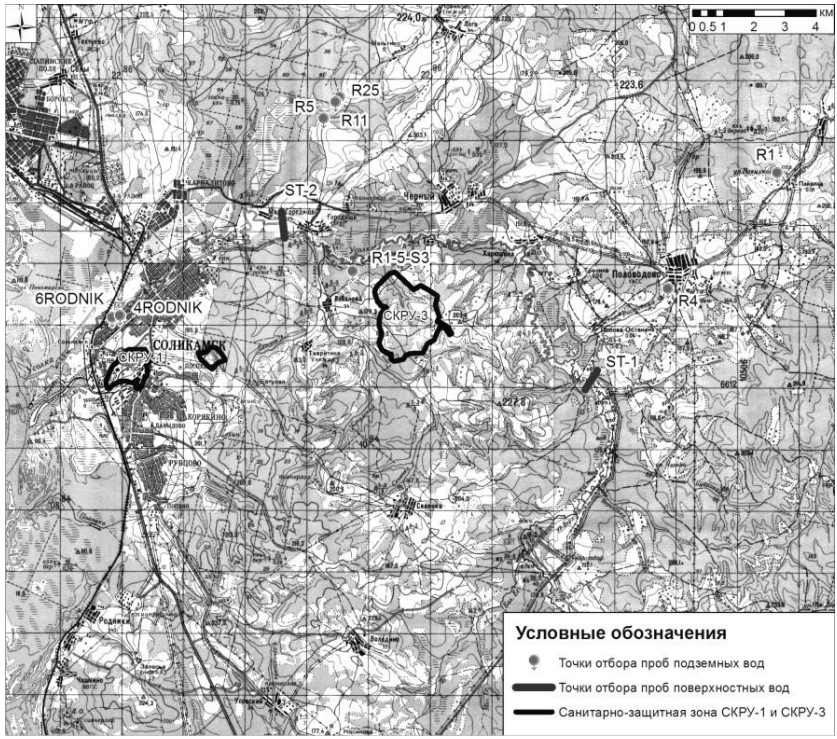


Рис. 1. Схема территории исследования.

Отбор проб поверхностных и подземных вод проводился в период зимней межени (март 2018 г.) в соответствии с методиками, регламентирующими порядок отбора проб воды. Определение микроэлементов (Li, Be, B, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Rb, Sr, Zr, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Cs, Ba, W, Tl, Pb, Bi) в пробах воды производилось в аккредитованной лаборатории Сектора наноминералогии геологического факультета ПГНИУ на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS).

Оценка изменения концентрации каждого определяемого микроэлемента в составе подземных вод проведена путем сравнения его содержания в фоновых родниках (за фон, ввиду схожего химического состава всех опробованных родников, принято среднее арифметическое значение по пяти

пробам) и в родниках, разгрузка которых происходит вблизи от действующих предприятий (также с расчётом средней концентрации по изученным пробам).

Оценка изменения концентрации каждого определяемого микроэлемента в составе поверхностных вод проведена путем сравнения его содержания в фоновой пробе (ST-1) и пробе, отобранной ниже действующего предприятий (ST-2).

Результаты и их обсуждение. Результаты проведения сравнительной характеристики содержания микроэлементов в пробах подземных вод на территории исследования приведены в таблице.

Таблица 1.

Изменение микроэлементного состава исследуемых природных вод

Подземные воды			Поверхностные воды		
Элемент	К-т роста средней концентрации	Изменение концентрации	Элемент	К-т роста концентрации	Изменение концентрации
As	45,0	резкий рост (> 8 раз)	Ti	30,2	резкий рост (> 8 раз)
Ti	32,7		Rb	19,8	
Rb	29,6		Ba	17,4	
Ba	12,8		As	12,8	
Sr	8,2		Sr	10,7	
Li	5,8	значительный рост (в 2-8 раз)	Ge	4,7	значительный рост (в 2-8 раз)
Ge	4,7		Li	4,0	
Ni	4,6		Ni	3,0	
B	3,9		B	2,9	
Mn	3,5		Ga	2,5	
Cu	2,9		Co	2,0	
Ga	2,5		Cd	1,4	незначительный рост (<2 раз)
Co	2,5		Se	1,2	
Zr	1,3	незначительный рост (<2 раз)	Cr	1,2	
Tl	1,3		W	1,2	
Cr	1,3		Mo	1,1	
Sn	1,2		Tl	1,1	
Be	1,2		Cu	1,1	
V	1,1		Zr	1,0	отсутствие роста или снижение концентрации
Cd	1,1		Bi	1,0	
Se	1,1		Cs	0,8	
Mo	1,0	отсутствие роста или снижение концентрации	V	0,8	
Bi	1,0		Pb	0,7	
Cs	1,0		Mn	0,7	
Pb	0,7		Zn	0,7	
Zn	0,7		Be	0,6	
W	0,6		Sn	0,3	
Sb	0,5		Sb	0,1	

Анализ данных табл. 1 показывает, что как для поверхностных, так и для подземных вод, опробованных в зоне влияния калийного производства, характерен рост концентраций определенного ряда микроэлементов. Наибольший рост содержания в водах приповерхностной гидросферы, по данным проведенных исследований, характерен для *мышьяка, титана, рубидия, бария и стронция*. Кроме того, увеличение концентрации более, чем в 2 раза, характерно для таких веществ, как *литий, германий, бор, никель, галлий и кобальт*. При этом, рост концентраций марганца и меди, характерный для проб подземных вод (в 3,5 и 2,9 раза, соответственно), не подтвердился для результатов опробования поверхностных вод, что может быть связано со спецификой геохимической подвижности этих элементов в различных средах. Содержание серебра как в поверхностных, так и в подземных водах, не превысило предела обнаружения аналитического метода.

Выделенный ряд специфических компонентов согласуется с перечнем элементов-индикаторов воздействия калийной промышленности на химический состав природных вод, приведенном в работах [2, 3], а также соответствует результатам обобщения данных многолетних наблюдений за составом подземных вод на исследуемой территории [4].

Таким образом, результаты исследования дают возможность оценить и выделить ряд микрокомпонентов состава природных вод, на концентрацию которых оказывают влияние технологические процессы разработки калийного месторождения, что позволит более комплексно подходить к вопросу экологического мониторинга и перечню природоохранных мероприятий в таких регионах.

Литература

1. *Бачурин Б.А.* Геохимическая трансформация отходов горного производства // Минералогия техногенеза. Миасс, 2007. С 177-188

2. *Белкин П.А.* Микроэлементный состав руд Верхнекамского месторождения как вероятный фактор трансформации химизма природных вод // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского: сб. науч. ст. / отв. ред. И.И. Чайковский; ПГНИУ; ГИ УрО РАН. Пермь, 2018. С. 424-429

3. *Белкин П.А., Катаев В.Н.* Закономерности техногенной трансформации химического состава подземных вод в районах разработки калийных месторождений // Известия УГГУ. 2018. Вып. 2(50). С. 55-64. DOI 10.21440/2307-2091-2018-2-55-64

4. *Белкин П.А.* Характеристика техногенной трансформации химического состава родникового стока в районе добычи солей на примере Верхнекамского месторождения / Вестник Пермского университета. Геология. 2018. Том 17, №3. С. 297-306. DOI: 10.17072/psu.geol.17.3.297

5. *Хайрулина Е.А.* Техногенная трансформация ландшафтно-геохимических процессов в районе добычи калийно-магниевых солей // Теоретическая и прикладная экология. № 3. 2014. С. 41-45

6. *Хайрулина Е.А. Максимович Н.Г.* Влияние стоков солеотвала калийного предприятия на химизм приповерхностной гидросферы // Геохимия ландшафтов и география почв. Доклады Всероссийской .науч.конф. Москва,4-6 апреля 2012 г., М.,МГУ, 2012. С. 340-342

7. *Хайрулина Е.А., Максимович Н.Г.* Влияние шламохранилища с солесодержащими отходами на приповерхностную гидросферу // Сергеевские чтения. Геоэкологическая безопасность разработки месторождений полезных ископаемых. Выпуск 19. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (4-5 апреля 2017 г). М., РУДН, 2017. С. 429-434
8. *Bauer, M., Eichinger, L., Elsass, P. et al.* Int J Earth Sci (GeolRundsch) (2005) 94: 565. https://doi.org/10.1007/s00531-005-0500-5
9. *Durand, S., Chabaux, F., Rihs, S., Duringer, P., Elsass, P.* U isotope ratios as tracers of groundwater inputs into surface waters: Example of the Upper Rhine hydrosystem (2005) Chemical Geology, 220 (1-2), pp. 1-19
10. *Lucas, Y., Schmitt, A.D., Chabaux, F., Clément, A., Fritz, B., Elsass, P., Durand, S.* Geochemical tracing and hydrogeochemical modelling of water-rock interactions during salinization of alluvial groundwater (Upper Rhine Valley, France) (2010) Applied Geochemistry, 25 (11), pp. 1644-1663
11. *Otero N, Soler A,* Sulphur isotopes as tracers of the influence of potash mining in groundwater salinisation in the Llobregat Basin (NE Spain), In Water Research, Volume 36, Issue 16, 2002, Pages 3989-4000, ISSN 0043-1354, https://doi.org/10.1016/S0043-1354(02)00125-2
12. *Rauche H.* Die Kaliindustrie im 21. Jahrhundert, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015, 580 p
13. *Siefert, B., Büchel, G., Lebküchner-Neugebauer, J.* PotashminingwastepileSollstedt (Thuringia): Investigationsofthespreadingofwastesolutes in theRoethian Karst [Kalirückstandshalde Sollstedt (Thüringen): Untersuchungen zur ausbreitung der haldenlösung im Rötkarst] (2006) Grundwasser, 11 (2), pp. 99-110

ЭВОЛЮЦИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПОД ВЛИЯНИЕМ ТЕХНОГЕНЕЗА НА НЕФТЯНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

А.П. Белоусова

Институт водных проблем РАН, 119333 Москва, ул. Губкина д.3. E-mail: belanna47@mail.ru

Арланское нефтяное месторождение расположено в междуречье рек Камы и Белой. На площади, превышающей две трети месторождения, распространен аллювиальный водоносный горизонт. Водовмещающими породами являются пески и гравийно-галечниковые отложения. Водоносный горизонт содержит безнапорные воды преимущественно гидрокарбонатного кальциевого и магниево-кальциевого состава. На остальной территории месторождения первый от поверхности безнапорный водоносный горизонт содержится в прослоях песков, галечников неогенового возраста (акчагыльского, апшеронского ярусов) и прослоях песчаников и конгломератов пермского возраста (татарского и казанского ярусов), воды его преимущественно пресные гидрокарбонатные кальциевые.

На основе данных мониторинга химического состава подземных вод и результатов гидрогеохимического районирования, были определены вероятные процессы, влияющие на эволюцию химического состава подземных вод на территории месторождения. Установлено, что важным фактором, влияющим на геохимическую эволюцию подземных вод на территории нефтяного месторождения, является - глобальный, т. е. влияние кислых дождей на фоне его многолетней эксплуатации.

Геохимическая особенность формирования кислых атмосферных осадков и их влияние на химический состав грунтовых вод заключается в следующем: промышленные газы в своем составе содержат летучие окислы таких анионогенных элементов, как сера, азот, углерод и др. При взаимодействии этих окислов с атмосферной влагой происходят реакции их растворения и дополнительного окисления с образованием кислот, степень диссоциации некоторых соответствует конечному pH атмосферных осадков [1]:

$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$; $2SO_2 + O_2 + 2H_2O = 2H_2SO_4$;

$N_2O_3 + O_2 + H_2O = 2HNO_3$; $4NO_2 + O_2 + 2H_2O = 4HNO_3$;

$CO_2 + H_2O = H_2CO_3$ и т.д.

Поэтому в промышленных регионах обычные значения pH атмосферных осадков составляют 4-5, а иногда снижаются до 2. Выпадение кислых атмосферных осадков при их взаимодействиях с почвами и породами приводит к росту в грунтовых водах концентраций Ca^{2+}, Mg^{2+}, Al^{3+}, Fe^{3+}, Mn^{2+}, Cd^{2+}, Be^{2+} и др. Одновременно происходит увеличение содержания SO_4^{2-} и уменьшение концентраций HCO_3^-.

Специфическая геохимическая особенность кислых атмосферных осадков заключается в том, что их химический состав определяется не природными

явлениями, а наложением на них техногенных процессов, интенсивность которых зависит от степени развития промышленности в данном регионе [1]. Одним из таких промышленных регионов является Уральская промышленная зона, в состав которой входит изучаемый район. Уральские горы являются естественной климатической границей между Русской и Западно-Сибирской равнинами, которые нарушают общую картину распределения всех климатических элементов по территории Евразии [2].

Наиболее отчетливо различия климатического режима проявляется в режиме осадков и температуры, химический состав атмосферных осадков изменяется как в меридиональном, так и в широтном направлениях. Изучаемая территория входит в подзону сульфатно-гидрокарбонатных осадков, переходящих в гидрокарбонатно-сульфатные.

В гидрогеохимических системах существует несколько типов кислотно-щелочных реакций, которые способны нейтрализовать кислые атмосферные осадки. В гомогенных системах это прежде всего $HCO_3^- + H^+ = H_2O + CO_2$; менее значимы $OH^- + H^+ = H_2O$; $H_3SiO_4^- + H^+ = 2H_2O + SiO_2$; $HAsO_4^{2-} + H^+ = H_2AsO_4^-$; $HPO_4^{2-} + H^+ = H_2PO_4^-$ и др. В гетерогенных системах это главным образом разложение карбонатных минералов - в основном карбонатов кальция $CaCO_3 + H^+ = Ca^{2+} + HCO_3^-$, но определенную значимость имеет также и разложение некоторых алюмосиликатных минералов, особенно натриевых (нефелин, калий - натриевые полевые шпаты). Кислые атмосферные осадки влияют на химический состав грунтовых вод, кардинально ухудшая их качество. При этом необходимо отметить, что гидрогеохимические системы зоны гипергенеза, состоящие из твердой и водной фаз различного химического состава, могут в какой-то степени нейтрализовать поступающие в них кислые атмосферные осадки и соответственно противодействовать их отрицательному экологическому влиянию на среду [1].

Сложность изучения нейтрализации кислых атмосферных осадков грунтовыми водами состоит в том, что химический состав грунтовых вод проявляет отчетливую широтную геохимическую зональность [1]. Она заключается в увеличении минерализации этих вод (от 10-20 мг/л до нескольких г/л) и изменении их химического состава в соответствии с рядом SiO_2 - HCO_3 - Ca $\rightarrow$ HCO_3 - SO_4 - Ca $\rightarrow$ SO_4 - HCO_3 - Ca $\rightarrow$ SO_4 - Cl - Ca по мере перехода от наиболее увлажненных северных регионов гумидной зоны к наиболее засушливым аридным регионам. Причиной формирования такой геохимической зональности грунтовых вод является изменение соотношений между количеством выпадающих осадков и испарением. Содержание $HCO_{3\ в}$ грунтовых водах северных увлажненных регионов гумидной зоны, к которым относятся практически все вышеперечисленные страны, наиболее пострадавшие от кислых дождей, могут составлять всего 5-10 мг/л, в то время, как в наиболее минерализованных грунтовых водах аридной зоны оно увеличивается до 500-600 мг/л, соответственно и увеличивается и нейтрализующий потенциал этих вод. Грунтовые воды аридной зоны могут успешно противостоять кислым атмосферным осадкам и, следовательно, карбонатные системы грунтовых вод аридной зоны являются мощным

нейтрализующим фактором по отношению к кислым атмосферным осадкам. Необходимо отметить, что поступление кислых атмосферных осадков в грунтовые воды аридной зоны повышает их растворяющую способность по отношению к карбонатам и сульфатам кальция [3].

По данным гидрогеохимического районирования установлено, что каждый водоносный горизонт имеет свои особенности геохимической эволюции подземных вод и соответственно свои пути трансформации их химического состава.

Если в гумидных районах эволюционный процесс развивается по направлению закисления подземных вод под влиянием кислых атмосферных осадков, то в семиаридных районах (включая территорию изучаемого месторождения) этот процесс развивается последовательно в двух противоположных направлениях от подщелачивания до закисления околонейтральных подземных вод. Впервые установлено, что эти два направления обусловили развитие трехстадийной эволюции природных подземных вод под влиянием кислых атмосферных осадков [4]:

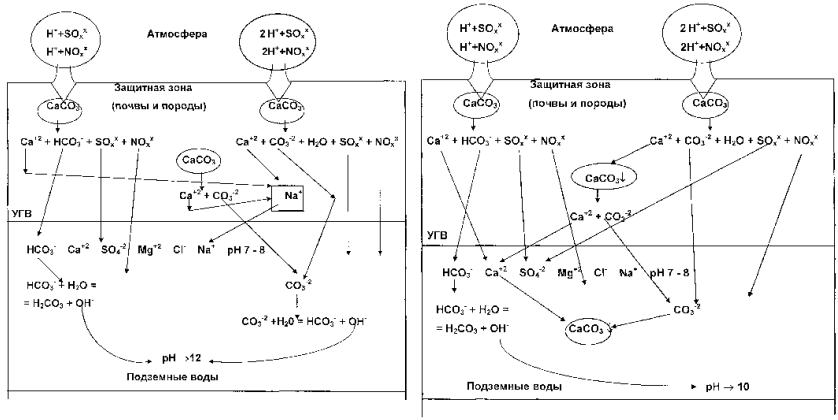
IA стадия - подщелачивание околонейтральных подземных вод или преобразование природных нейтральных вод в щелочные, сопровождающееся осаждением в них кальцита. На этой стадии в защитной зоне происходит растворение карбонатов под влиянием кислых дождей, HCO_3^- из ненасыщенной зоны поступает в грунтовые гидрокарбонатные воды, при этом повышается суммарная концентрация HCO_3^- в них, вызывая повышение pH до значений более 8.5. Это и приводит к переходу околонейтральных вод в щелочные (рис. 1а);

IБ стадия - эволюция химического состава подземных вод под влиянием только глобального фактора загрязнения (рис 1б). При наличии двух других факторов загрязнения процесс эволюции подземных вод развивается по этому же сценарию, но его интенсивность приобретает несколько неожиданный характер, как показали исследования. При загрязнении промысловыми Cl - Na рассолами почв и пород зоны аэрации в них формируются антропогенные солончаки, обменный комплекс которых почти полностью заполнен Na^+. При растворении карбонатов в ненасыщенной зоне под влиянием кислых дождей HCO_3^- поступает в подземные воды, а Ca^{+2} вытесняет Na^+ из обменного комплекса, а последний также поступает в подземные воды и способствует поддержанию высоких концентраций HCO_3^- в них (т.е. препятствует осаждению карбонатов в подземных водах из-за недостатка Ca^{+2}, который остался в обменном комплексе в ненасыщенной зоне), что в свою очередь обеспечивает сильное повышение значений pH.

Наблюдаемые значения pH иногда превышали 12. Таким образом, в процессе подщелачивания околонейтральных подземных вод под влиянием глобальных и региональных факторов загрязнения формируются щелочные воды с высокими значениями pH и концентрациями HCO_3^-, такие воды в природе в верхних горизонтах зоны активного водообмена практически неизвестны и в связи с этим, этот новый тип техногенных щелочных гидрокарбонатных вод относится к экзотическим (рис. 3.5б).

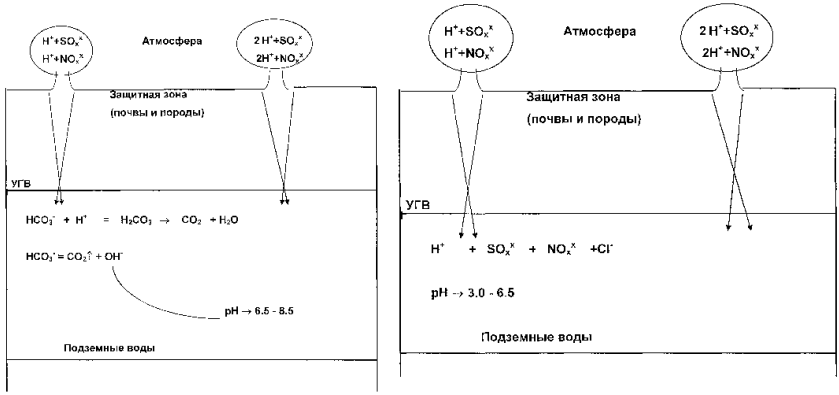
II стадия – переходная (рис. 2а) - трансформация техногенных щелочных вод в околонейтральное состояние, при котором содержание гидрокарбоната становится меньше нижнего предела его фоновых природных концентраций, что приводит к снижению их защитного потенциала по отношению к кислым атмосферным осадкам.

III стадия - закисление подземных вод - трансформация околонейтральных техногенных вод в кислые с полной потерей их нейтрализующих свойств (рис. 2б).



а б

Рис 1. Сценарий первой стадии эволюции подземных вод: а –IA стадия, б –IБ стадия.



а б

Рис.2. Сценарии эволюции подземных вод: а- вторая стадия, б – третья стадия.

Одной из особенностей трансформации подземных вод четвертичного водоносного горизонта, расположенного только на ***левобережной части*** месторождения, является отсутствие постоянной зоны щелочных грунтовых вод за весь пятилетний период наблюдений, что свидетельствует о том, что первая стадия (сценарий IA) геохимической эволюции подземных вод находится на завершающем этапе своего развития. Вероятными процессами, вызвавшими эволюцию природных околонейтральных вод в щелочные, могут быть: влияние кислых атмосферных осадков, обеспечивших снижение защитного потенциала подземных вод (уменьшение концентрации HCO_3^-) по отношению к ним на большей части территории и увеличение защитного потенциала за счет выщелачивания ими Na^+ и HCO_3^- из зоны аэрации, а также влияние загрязнения (сверху) Cl - Na рассолами.

На большей части этой территории трансформация подземных вод соответствует второй стадии эволюции их химического состава. Околонейтральные грунтовые воды этого горизонта претерпели значительные геохимические трансформации на всей левобережной части месторождения, в качестве фонового участка можно рассматривать только один участок, расположенный за пределами месторождения. В целом, защитный потенциал (способность гидрокарбонатных вод нейтрализовать влияние кислых атмосферных осадков) нейтральных вод резко ослабевает на всей левобережной части территории месторождения. Концентрации HCO_3^- снижаются до 20-50 мг/л. Уменьшение концентрации HCO_3^- приводит к уменьшению минерализации грунтовых вод до 150 - 300 мг/л (за счет нейтрализации влияния кислых дождей) ухудшению их качества как питьевых вод. Уменьшение концентрации HCO_3^- и снижение защитного потенциала грунтовых вод по отношению к кислым дождям привело к трансформации гидрокарбонатных вод в следующие типы: Cl - HCO_3 - Na (Ca), Cl - Na - HCO_3 с минерализацией 500 - 700 мг/л. На загрязненных рассолами участках и на участках, где имело место перетекание из нижнего водоносного горизонта, пресные гидрокарбонатные воды трансформировались в хлоридные и сульфатные типы вод с минерализацией 1000 - 4000 мг/л.

Третья стадия эволюции подземных вод выражена трансформацией околонейтральных грунтовых вод в кислые под влиянием всех трех факторов загрязнения: глобального - кислых осадков, регионального - последствий эксплуатации месторождения и локального - факелов, усиливающих влияние кислых дождей, за счет выбросов в атмосферу оксидов углерода, азота, сернистого ангидрида и других загрязняющих веществ.

Гидрогеохимический режим преимущественно метастабильный, характеризующийся запаздыванием реакции pH на изменение концентраций HCO_3^- в воде за счет ингибирующих реакций, проходящих в гетерогенных системах в среде при наличии CO_2. На формирование техногенных щелочных вод и трансформацию природных околонейтральных вод в техногенные околонейтральные и кислые воды основное влияние оказали кислые дожди и второстепенное – поверхностное загрязнение промысловыми рассолами.

Формирование химического состава грунтовых вод на территории месторождения, расположенного на ***правом берегу р. Кама***, резко отличается от грунтовых вод левобережной части. Здесь выделяются две первые стадии эволюции химического состава грунтовых вод, но удельный вес каждой отдельной стадии эволюции отличается от аналогичной на левобережной части месторождения.

На этой территории первая стадия эволюции околонейтральных природных вод привела к формированию щелочных вод (pH 8.5 -10), а также экзотических щелочных вод с аномальными значениями pH более 12.

Формирование техногенных щелочных вод и экзотических щелочных вод с аномальными значениями pH в первую очередь обусловлено наличием загрязнения грунтовых вод. Появление в грунтовых водах значительных концентраций Na^{+}, SO_4^{-2} и Cl^{-} свидетельствует о перетекании минерализованных вод из нижнего водоносного горизонта или взаимосвязи между этими горизонтами в зоне близкой к их области разгрузки, кроме этого возможно и загрязнения сверху за счет излившихся промысловых рассолов как в недавнем времени, так и в более раннем периоде. Высокие значения pH (10 -12) связаны с влиянием кислых дождей на развитие геохимических процессов (растворение, выщелачивание, ионный обмен и др.) в зоне аэрации, содержащей включение карбонатов и содовые солончаки (в случае загрязнения почв и пород), в результате которых из зоны аэрации в подземные воды поступают химические элементы pH - задающей системы по сценарию IБ (рис. 3.5б). Можно сказать с уверенностью, что увеличение щелочности грунтовых вод связано с влиянием кислых осадков, т. к. содержание HCO_3^{-} во втором от поверхности водоносном горизонте значительно меньше, чем в грунтовых водах, это свидетельствует о невозможности увеличения его концентрации за счет перетекания из нижнего горизонта.

Развитие второй стадии эволюции привело к тому, что околонейтральные воды практически полностью утратили свой природный химический состав. Техногенные околонейтральные воды HCO_3 - Na - Cl), HCO_3 - Na - SO_4, HCO_3 - Na - Ca и HCO_3 - Na - CO_3 с концентрацией HCO_3^{-} от 195 до 400 мг/л сформировались под влиянием кислых атмосферных осадков на фоне растворения соды из пород зоны аэрации. При снижении концентрации HCO_3^{-} до 40 -180 мг/л щелочные воды трансформировались в околонейтральные HCO_3 - Cl - Na и HCO_3 - SO_4 - Cl типов.

Под влиянием загрязнения высокоминерализованными рассолами околонейтральные природные воды трансформировались в хлоридные воды различных типов, а под влиянием кислых дождей в техногенные околонейтральные воды с низким защитным потенциалом по отношению к кислым дождям. Дальнейшая их эволюция под влиянием кислых дождей привела к формированию кислых вод в единичных случаях.

Литература

1. *Крайнов С. Р., Соломин Г. А., Богомолова А. А.* Нейтрализация кислых дождей компонентами гидрогеохимических систем // Геохимия. - 1995.- № 11. - С. 1616 - 1633.

2. *Черняева Л. Е., Черняев А. М., Могиленских А. К.* Химический состав атмосферных осадков (Урал и Приуралье). - Л. , Гидрометеоиздат, 1978. - 179 с.

9. *Айдаров И. П.* Орошение и предупреждение засоления почв // Мелиорация и водное хозяйство. - 1994. - № 3. - С. 43 -56.

4. *Belousova A. P., Krainov S. R.* Groundwater quality transformation as a result of acid rain impact in an oil field in the Southern Ural // International conference. Exeter, England, July 1998. Hydrology in a changing environment. - 1998. - Vol. 2. - p. 96 - 108.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ВЕРХОВЬЕВ КАТУНИ И БАССЕЙНА ОЗ. ТАЛЬМЕНЬ (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)

Е.В. Бородина

Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,
630090 Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, д. 3. E-mail: borev@igm.nsc.ru

Озеро Тальмень – морено-подпрудное озеро ледникового происхождения, расположенное в юго-западных отрогах Катунского хребта на высоте 1540 м. Это самое крупное озеро в верховьях Катуни является памятником природы республиканского значения. Озеро расположено в охранной зоне Катунского государственного биосферного заповедника. Малые реки – Зайчонок, Собачьи, Тихая, Озерная - являются правыми притоками р. Катунь; р. Хайрузовка впадает в оз. Тальмень, р. Озерная вытекает из него.

Экологическое состояние территории требует контроля из-за возможного антропогенного загрязнения в результате традиционной хозяйственной деятельности (пастбищное скотоводство, рыболовство), возрастающего потока туристов, а также природного загрязнения за счет поступления в водотоки тяжелых металлов из коренных горных пород.

Представлены результаты по количественному определению 30 элементов в воде малых рек, в талых водах ледников и снежников и в оз. Тальмень. Отбор проб воды проводился в соответствии с нормативными документами в местах максимального водообмена [1, 9, 11]. Пробы отбирали в стерильные одноразовые полипропиленовые пробирки производства фирмы “Corning” (США). Емкости и крышки предварительно ополаскивали не менее трех раз отбираемой для анализа водой [1, 8]. На месте отбора пробы фильтровали через мембранные фильтры и консервировали очищенной азотной кислотой, которая использовалась в дальнейшем при выполнении масс-спектрального анализа этих образцов. Для фильтрации применялись одноразовые шприцевые фильтрующие насадки Minisart NML производства фирмы “Sartorius” (Германия) с размером пор 0,45 мкм. Фильтрат подкислялся до pH менее 2 из расчета 3–5 мл концентрированной азотной кислоты на 1 л пробы согласно [4, 5, 9]. Пробы транспортировали в темных контейнерах, хранили в прохладном месте, анализировали менее чем через 1 мес. с момента отбора в соответствии с [4, 5, 11].

Поверхностные воды в районе исследований ультрапресные: общая минерализация в июле 2018 г. варьировала от 2 мг/л в ручье, стекающем со снежника пер. Собачий Тихий до 25 мг/л в р. Катунь в районе с. Кайтанак. Максимальная минерализация 122 мг/л зафиксирована в ручье, правом притоке р. Челтогишиха на восточном борту долины р. Катунь. Величина pH составляла от 7,1 в оз. Тальмень до 8,8 в ручье, стекающем со снежника. Значение ОВП варьировало от 36 мВ в р. Катунь до 213 мВ в оз. Тальмень.

В табл. 1 приведены содержания растворенных форм элементов в изученных водных объектах. Суммарное содержание элементов варьирует от 2,8 мг/л в ручье, стекающем со снежника на пер. Собачий Тихий, до 13,6 мг/л в талых водах снега и фирна пер. Быстрореченский. В реках и озерах содержание элементов составляет 3,8–9,2 мг/л. Главную роль в составе воды рек и озер играет кальций, в талых водах снежников значительно преобладает калий.

Содержание элементов в исследованных в 2018 г. реках и озерах верховьев Катуни мало и превышает ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения [10] лишь по Cu: 1,2 ПДК в р. Катунь в районе с. Кайтанак и 1,0 в р. Собачья Быстрая. В талых водах ледников и снежников содержание элементов, в том числе тяжелых металлов, значительно выше, что, вероятно, связано с их аэрогенным переносом и накоплением в толще снега в течение длительного времени. В ручье, стекающем со снежника пер. Собачий Тихий, превышены ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения [10] по Al – 1,1 ПДК, по P – 1,4 ПДК, по Fe – 1,5 ПДК. В талых водах ледников и снежников по некоторым элементам наблюдается превышение ПДК как в водных объектах рыбохозяйственного значения [10], так и в питьевой воде [12, 13]. В составе снега и фирна пер. Собачий Тихий зафиксировано высокое содержание: Al – 7,2 ПДК [10], 1,4 ПДК [12], 2,9 ПДК [13]; P – 1,9 [10], K – 2,5 ПДК [13]; Fe – 3,0 ПДК [10]; Cu – 1,8 ПДК [10]; Zn – 1,5 ПДК [10]; Pb – 1,1 ПДК [13]. В талых водах снега и фирна пер. Быстрореченский превышено ПДК по содержанию: Al – 6,0 ПДК [10], 1,2 ПДК [12], 2,4 ПДК [13]; P – 2,5 [10], K – 1,0 ПДК [10], 5,1 ПДК [13]; Fe – 8,9 ПДК [10], 3,0 ПДК [12, 13]; Cu – 2,8 ПДК [10]; Zn – 1,8 ПДК [10]; Pb – 1,5 ПДК [10], 1,8 ПДК [13]. В талых водах снега и фирна пер. Казинихинский превышено ПДК по содержанию: Al – 5,2 ПДК [10], 1,0 ПДК [12], 2,1 ПДК [13]; P – 6,6 [10], K – 1,3 ПДК [13]; Fe – 2,2 ПДК [10]; Cu – 1,6 ПДК [10].

В воде рек Катунь и Кокса (в районе с. Усть-Кокса) наблюдаются значительные вариации по содержанию Hg. В 2017 г. было зафиксировано превышение ПДК в питьевой воде по Hg: 1,3 ПДК [12], 3,4 ПДК [13] в р. Катунь и 1,1 ПДК [12], 2,8 ПДК [13] в р. Кокса. Содержание Hg в пробах 2018 г. значительно ниже, чем было зафиксировано в 2017 г: в воде р. Катунь в 6 раз, а в воде р. Кокса – в 14 раз.

Концентрации тяжелых элементов в реках и озерах верховьев Катуни в районе оз. Тальмень в 2018 г. не превышали ПДК в питьевой воде, что свидетельствует об отсутствии антропогенного и природного загрязнения территории. Однако, не следует исключать возможности периодического поступления в водотоки Hg и других тяжелых металлов из природных источников этих элементов. Исследованная территория подвержена влиянию аэротехногенного загрязнения, что приводит к накоплению в ледниках и снежниках токсичных металлов (Pb) в концентрациях, превышающих ПДК в питьевой воде.

Таблица 1.

Результаты ИСП-МС определения содержания растворенных форм элементов в водных пробах, мкг/л

Компо-нент	1 В-1-18 08.07.18	2 В-2-18 09.07.18	3 В-4-18 09.07.18	4 В-3-18 09.07.18	5 В-5-18 09.07.18	6 В-6-18 09.07.18
Na	861	680	894	160	593	632
Mg	993	331	284	78	289	386
Al	27	24	286	42	28	22
Si	1335	1041	401	<100	860	826
P	8,7	6,5	95	68	10,7	9,4
K	100	106	4936	1904	233	82
Ca	5802	2355	327	279*	2145	3532
Sc	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Ti	0,4	0,4	4,7	0,6	0,3	0,3
V	0,18	0,14	0,60	0,13	0,17	0,22
Cr	0,18	0,10	0,84	0,75	0,11	0,14
Mn	2,0	0,7	6,7	7,7	2,8	1,1
Fe	30	28	296	147	24	14
Co	0,02	0,02	0,20	0,16	0,03	0,03
Ni	0,8	0,1*	57	380	0,8	0,2
Cu	1,2	0,5	1,8	0,6	0,8	1,0
Zn	4,6	2,7	14,7	8,7	1,3	1,8
Rb	0,28	0,28	0,83	0,35	0,24	0,21
Sr	29,3	8,6	1,4	1,2	9,5	19,5
Mo	0,22	0,28	0,03	0,02*	0,13	0,25
Ag	<0,01	<0,01	0,20	0,91	<0,01	0,03
Cd	<0,003	<0,003	0,025	0,014	0,007	<0,003
Sn	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Sb	0,04	0,02	0,08	0,03	0,03	0,04
Ba	3,1	2,9	3,4	1,9	1,9	2,9
W	0,03	<0,01	0,02	0,01*	<0,01	0,04
Hg	<0,02	–	<0,02	–	–	–
Pb	<0,1	<0,1	5,5	0,4	<0,1	<0,1
Bi	<0,001	<0,001	0,062	0,003	<0,001	<0,001
U	0,059	0,053	0,024	0,006	0,046	0,023
Сумма	9198	4587	7618	2802	4200	5530
Компо-нент	7 В-7-18	8 В-8-18	9 В-9-18	10 В-11-18	11 В-10-18	12 В-12-18

	10.07.18	10.07.18	10.07.18	10.07.18	10.07.18	11.07.18
Na	340	426	1132	889	479	906
Mg	579	553	233	503	306	157
Al	20	37	241	31	32	206
Si	602	564	329	1563	628	277
P	9,4	6,4	125	10,8	6,5	331
K	<20	50	10210	50	135	2539
Ca	2198	3360	402	2811	2479	202*
Sc	<0,01	<0,01	0,02*	<0,01	<0,01	0,01*
Ti	0,2	0,2	4,6	0,2	0,3	3,1
V	0,06	0,11	0,66	0,15	0,10	0,39
Cr	0,07*	0,14	1,46	0,16	0,14	0,67
Mn	1,9	1,4	6,3	0,3	1,4	4,5
Fe	18	17	886	9	15	217
Co	0,01*	0,02	0,17	0,01*	0,02	0,11
Ni	0,1*	0,1*	10,4	0,2	0,2	0,9
Cu	0,4*	0,3*	2,8	0,3*	0,7	1,6
Zn	0,9	0,8	17,7	1,2	1,5	8,7
Rb	0,07*	0,16	1,54	0,13	0,34	0,85
Sr	12,4	23,0	1,9	13,3	12,7	0,9*
Mo	0,04	0,85	0,05	0,05	0,15	0,02
Ag	<0,01	0,01*	0,83	<0,01	<0,01	0,76
Cd	<0,003	<0,003	0,028	<0,003	<0,003	0,025
Sn	<0,05	0,08*	0,08*	<0,05	<0,05	0,05*
Sb	0,02	0,13	0,09	0,02	0,03	0,06
Ba	2,3	2,4	3,5	3,8	2,4	1,6
W	<0,01	0,07	0,02	<0,01	0,03	0,02*
Hg	<0,02	–	–	–	0,08	–
Pb	<0,1	<0,1	9,1	<0,1	<0,1	3,6
Bi	<0,001	<0,001	0,053	<0,001	<0,001	0,049
U	0,019	0,039	0,024	0,035	0,043	0,020
Сумма	3785	5042	13621	5887	4101	4660

Компонент	13 ПО	14 Приказ	15 ПДК	16 Первая	17 Высшая
Na	5	120000	200000[1-3]	200000	20000
Mg	3	40000	50000[2]	65000	5000-50000
Al	3	40	200[2]	200	100
Si	100	–	10000[1,2]	10000	10000

P	1	50 [1]	3500[1,2]	–	–
K	20	10000 [2]	12000[3]	20000	2000-20000
Ca	200	180000	100000[3]	130000	25000-80000
Sc	0,01	–	–	–	–
Ti	0,1	60	100[2]	–	–
V	0,03	1	100[1,2]	–	–
Cr	0,05	20	50[1,2,4]	50	30
Mn	0,1	10	100[1,2]	50	50
Fe	3	100	300[1,2]	300	300
Co	0,01	10	100[1,2]	100	100
Ni	0,1	10	20[2]	20	20
Cu	0,2	1	1000[1,4]	1000	1000
Zn	0,3	10	1000[2]	5000	3000
Rb	0,05	100	100[1,2]	–	–
Sr	0,5	400	7000[1,2]	7000	7000
Mo	0,01	1	70[4]	70	70
Ag	0,01	–	50[1,2]	25	25
Cd	0,003	5	1[1,2]	1	1
Sn	0,05	112	–	–	–
Sb	0,005	–	5[2]	5	5
Ba	0,1	740	100[1]	700	100
W	0,01	0,8	50[1,2]	–	–
Hg	0,02	0,01	0,5[1,2]	0,5	0,2
Pb	0,1	6	10[2]	10	5
Bi	0,001	–	100[1,2]	–	–
U	0,001	–	15[4]	–	–
Сумма	–	–	–	–	–
Компонент	18 B-37-17 03.08.2017	19 B-36-18 25.07.2018	20 B-37-18 25.07.2018	21 B-36-17 03.08.2017	22 B-38-18 25.07.2018
Hg	0,67	0,11	<0,02	0,55	0,047

Погрешность определения не превышает 10 %. * Концентрации элементов близки к пределу обнаружения, погрешность до 100 % (данные по содержанию этих элементов следует считать оценочными). Анализы В-1-18 – В-12-18 выполнены на масс-спектрометре высокого разрешения ELEMENT фирмы Finnigan MAT (Германия) в ЦКП Многоэлементных и изотопных исследований ИГМ СО РАН (Новосибирск), аналитик Николаева И.В., ниже предела обнаружения: содержание Be (<0.05 мкг/л), Au (<0.001 мкг/л), Te (<0.01 мкг/л). Содержание ртути определялось на ртутном газоанализаторе атомно-абсорбционным методом “холодного пара” с амальгамацией на золотом сорбенте в лаборатории геохимии благородных и редких элементов и экогеохимии ИГМ СО РАН (Новосибирск), аналитик Бадмаева Ж.О. 08.07.18 - дата отбора пробы воды.

Номера в таблице соответствуют следующим образцам: 1 – р. Катунь, с. Кайтанак; 2 – р. Зайчонок, верхнее течение; 3 – пер. Собачий Тихий, ручей со снежника; 4 – пер. Собачий Тихий, снег, фирн; 5 – р. Собачья Тихая, среднее течение; 6 – р. Собачья Быстрая, нижнее течение; 7 – оз. Собачье, исток р. Собачьей; 8 – р. Тихая, среднее течение; 9 – пер. Быстрореченский, снег, фирн; 10 – оз. Тальмень, исток р. Озерной; 11 – р. Хайрузовка, устье; 12 – пер. Казинихинский, снег, фирн; 13 – пределы обнаружения; 14 – Приказ Росрыболовства [10]: 1 – полифосфаты (олиготрофные водоемы), 2 – для водоемов с минерализацией до 100 мг/л; 15 – ПДК питьевой воды согласно: 1 - СанПиН 2.1.4.1074-01, 2002 [12]; 2 - ГН 2.1.5.1315-03, 2003 [2]; 3 - Директиве 80/778/ЕС, 1980 [6] и Директиве 98/83/ЕС, 1998 [7]; 4 - ГН 2.1.5.2280-07 (изменения к ГН 2.1.5.1315-03) [3]; 16 - СанПиН 2.1.4.1116-02: нормативы качества расфасованных питьевых вод, первая категория, не более [13]; 17 – СанПиН 2.1.4.1116-02: нормативы качества расфасованных питьевых вод, высшая категория, не более [13]; 18, 19 – р. Катунь, левый берег, с. Усть-Кокса; 20 – с. Усть-Кокса, грунтовые воды (вода из скважины), туркомплекс Альтаир; 21, 22 – р. Кокса, правый берег, с. Усть-Кокса. Подчеркнуты показатели, превышающие ПДК.

Литература

1. *Борисова Е.А.* Анализ воды: методическое пособие. Ижевск: изд-во “Удмуртский университет”, 2013. 30 с.

2. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы. М., 2003.

3. ГН 2.1.5.2280-07 Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Дополнения и изменения № 1 к ГН 2.1.5.1315-03. М., 2007.

4. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб. Межгосударственный стандарт. М., 2014.

5. ГОСТ 31870-2012 Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектрометрии. Межгосударственный стандарт. М.: Стандартинформ, 2013.

6. Директива 80/778/ЕЕС от 15.07.1980 о качестве питьевой воды, предназначенной для употребления человеком // Журнал Европейского Сообщества. 1980. L229. С. 11-29.

7. Директива 98/83/ЕС от 03.11.1998 о качестве воды, предназначенной для употребления человеком // Журнал Европейского Сообщества. Официальный Бюллетень. 1998. OJ L 330. 23 с.

8. МУ 4.1. 1469-03 Атомно-абсорбционное определение массовой концентрации ртути в питьевой, природных и сточных водах. Методические указания. М., 2003.

9. МУ 1.2. 2743-10 Порядок отбора проб для выявления и идентификации наноматериалов в водных объектах. Методические указания. М., 2010.

10. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 18.01.2010 № 20 “Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения”. М., 2010.

11. Р 52.24.353-2012 Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод. Рекомендации. Ростов-на-Дону: ГУ ГХИ, Росгидромет, 2012.

12. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. М., 2002.

13. СанПиН 2.1.4.1116-02 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества. Санитарно - эпидемиологические правила и нормативы. М., 2002.

ОЦЕНКА СОСТАВА ПОЧВ ПО ДАННЫМ ОПРОБОВАНИЯ РЕЧНОГО АЛЛЮВИЯ

С.А. Воробьев

Геологический факультет МГУ им.М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: vorobjov@geol.msu.ru

Введение. Одной из задач экологического мониторинга окружающей среды является оценка уровня техногенного загрязнения промышленных территорий и тенденций его изменения во времени. Это достигается проведением геохимических съемок, позволяющих установить контуры ореолов и количество в них загрязняющих веществ. В большинстве случаев участки наблюдений выбираются, исходя из местоположения возможного источника загрязнения, однако при этом оценка количества загрязнителя не всегда объективно отражает реальную ситуацию, т.к. контуры аномалий заранее не известны и могут выходить за границы участков геохимической съемки, а ее результаты во многом зависят от доступности территории для проведения пробоотбора.

Почвы, слагающие верхнюю кромку земной поверхности, в процессе эрозии и денудации, смываются метеорными водами в русла водотоков. Вследствие этого состав донных отложений рек и ручьев наследует состав почвенного покрова на их берегах. Количественные зависимости между содержанием химических элементов в обоих средах позволяют с меньшим числом проб оценить состав почвенного покрова по данным опробования аллювия водотоков. Оценка взаимосвязей между ними обычно выполняется с использованием геохимических коэффициентов, характеризующих соотношение содержаний химических элементов в почве и донных осадках водотоков, дренирующих исследуемую территорию.

Такой подход был реализован американскими геохимиками для оценки состава почв на площади 35 тыс. км^2 в северно-восточной части штата Висконсин (США) [2]. Они определили средние значения коэффициентов, характеризующих различие составов почв и аллювия на участках разным типом почвообразующих пород, и, используя их, оценили состав почв для всей исследуемой территории, полученные ими результаты частично приведены ниже на рис.1. На его левом фрагменте показана карта рельефа площади геохимической съемки, штриховкой обозначены участки, где по данным опробования обоих сред, вычислены коэффициенты пропорциональности между содержанием элементов в донных осадках и почве. На центральном и правом фрагментах приведены карты распределения стронция и меди в почве, построенные по данным опробования речной сети. Они достаточно подробно показывают общие тенденции изменения структуры геохимического поля этого региона и участки с аномальным

содержанием металлов. Полученные ими сведения были использованы для планирования природоохранных мероприятий и других прикладных задач.

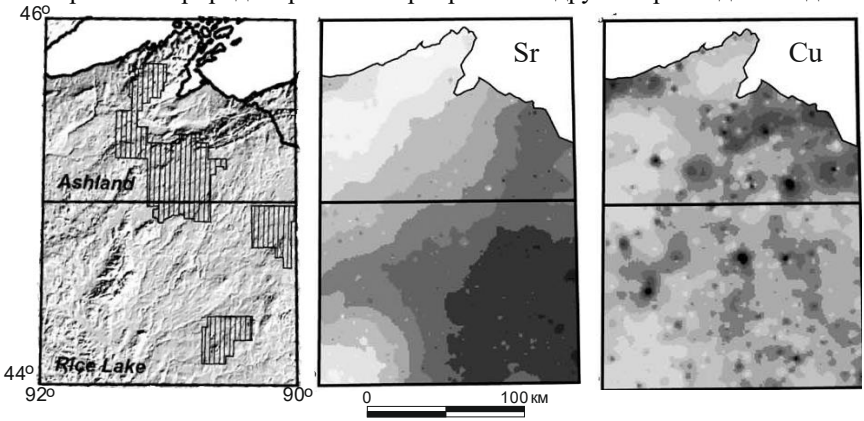


Рис. 1. Карты рельефа территории геохимической съемки С-В части штата Висконсин (США) и распределения стронция и меди в почве по данным опробования аллювия речной сети [2]. Интенсивность заливки пропорциональна содержанию элементов в почве.

Расхождения между предсказанными и измеренными содержаниями элементов в почве имеют наибольшие значения в контурах геохимических аномалий. То же самое фиксируется в области нормального геохимического фона, где одинаковые по составу почвы расположены на участках с различным строением рельефа и дренируются водотоками с разным гидродинамическим режимом. Из этого следует, что зависимость между содержаниями элементов в почве и аллювии имеет более сложную структуру, нежели простое отношение двух переменных.

Модель взаимосвязи состава почв и аллювия

Взаимосвязь составов донных отложений и почвы на берегах водотоков устанавливается из физико-математической модели формирования состава руслового аллювия. Уравнение баланса масс на произвольном участке русла в общем случае включает в себя три основных составляющих. Первая характеризует поступление почвы в русло водотока с его берегов, вторая – усреднение состава аллювия в процессе его движение по руслу, третья – накопление в аллювии или вынос из него минеральных соединений с различными физико-химическими свойствами.

Масса аллювия на каждом элементарном участке русла определяется соотношением количества рыхлого материала, привнесенного водным потоком с вышележащей площади водосбора и снесенного метеорными водами с прилегающих к нему берегов. В ложе русла в результате постоянных соударений галек и обломков пород, слагающих аллювий, они дробятся и истираются, образовавшаяся при этом тонкая взвесь уносится водным потоком к базису эрозии. Скорость перемещения частиц аллювия в водном потоке обратно пропорциональна их удельной плотности, что

обуславливает различный износ минеральных частиц в процессе их движения по руслу. Тяжелые и устойчивые к механическому воздействию минералы движутся медленнее легких и постепенно захораниваются ими. Частицы горных пород с малой плотностью и слабоустойчивые к внешним воздействиям разрушаются быстрее тяжелых и частично растворяются в воде, повышая ее минерализацию. В конечном итоге это приводит к различию состава донных отложений водотоков и почвы на их берегах.

Процесс формирования состава донных отложений описывается уравнением [1]:

$$S \cdot \frac{dC}{dS} = \alpha \cdot (C_{почв} - C) - \gamma \cdot C \quad (1),$$

где C, $C_{почв}$, S – соответственно, содержание элемента в аллювии, почве и площадь водосбора; α – коэффициент аллювия; γ – кинетическая константа.

Коэффициент аллювия α аллювия характеризует соотношение удельных расходов породы, транспортируемой водой по руслу и его бортам, его значение равно отношению уклонов берегов и ложа русла. Кинетическая константа γ характеризует процесс накопления – выноса рудного вещества из аллювия при его движении по руслу.

Решение уравнения (1) позволяет рассчитать содержание элемента в аллювии водотока по всей его длине, для точки русла с площадью водосбора S оно записывается выражением:

$$C_S = \alpha \cdot S^{-\alpha+\gamma} \int_{S_0}^{S} C_{почв}(S_t) \cdot S_t^{\alpha-\gamma-1} dS_t , \quad S_o < S_t < S , \quad (2)$$

где $C_{почв}(S_t)$ - функция, описывающая распределение элемента в почве вдоль водотока;

S_o, - площадь водосбора точки начала поступления рыхлого материала в русло.

Для определения зависимости, описывающей соотношение содержания элемента в донных отложениях и почвах, необходимы сведения о закономерностях его распределения на берегах водотока. Оно заранее не известно и требуются исходные предположения о его виде. Наиболее простым случаем являются территории, где отсутствуют геохимические аномалии. В их пределах содержание элементов в почве можно положить постоянным на всем протяжении русла, т.е. $C_{почв}(S)$ = const. С учетом этого условия преобразование выражения (2), приводит к зависимости, определяющей соотношение содержаний элементов в речном аллювии ($C_{ал}$) и почве ($C_{почв}$), в области фона:

$$C_{ал} = \frac{\alpha}{\alpha - \gamma} C_{почв} . \quad (3)$$

Сомножитель k = α/(α–γ) является записью коэффициента пропорциональности, характеризующего различие составов почв и аллювия в области фона. Из приведенного соотношения следует, что геохимический фон донных отложений рек обусловлен не только процессами накопления -

выноса элементов, но и интенсивностью поступления в него рыхлого материала с берегов, т.е от соотношения величин коэффициентов α и γ. При одной и той же величине кинетической константы γ состав аллювия водотоков, дренирующих однотипные почвообразующие породы, на участках с различным рельефом будет разным. Чем интенсивнее рыхлый материал поступает в русло с его берегов, тем ближе состав аллювия к составу почвы.

При выполнении расчетов состава почв коэффициент аллювия α принимается равным средней величине отношений уклонов берегов к ложу русла: $\alpha = \sin(\varphi_{берег})/\sin(\varphi_{русло})$. С учетом полученного значения кинетическая константа γ вычисляется по соотношению составов почвы и аллювия на участках их совместного определения, по формуле:

$$\gamma = \alpha\,(1 - C_{почв}/C_{ал}). \quad (4)$$

Для территорий, где в донных отложениях формируются высоко контрастные аномалии, многократно превышающие местный геохимический фон, соотношение между суммарным количеством загрязняющих веществ в аллювии и ореолах на берегах водотоков определяется выражением [1]:

$$P_{ал} = \frac{\alpha}{\alpha - \gamma - 1} P_{ор} \quad (5), \text{ где}$$

$P_{ал}$, $P_{ор}$ - соответственно, количество (продуктивность) загрязняющего компонента в аллювии и ореолах загрязнения, сформировавшихся в почве, $P=\Sigma(C_{ал} - C_{фон})\Delta S$; $C_{ал}$, $C_{фон}$ – содержание загрязнителя в аллювии в точке наблюдения и области фона, соответственно; ΔS - площадь водосбора между смежными точками отбора проб.

Для определения вида зависимости, описывающей соотношение содержаний элементов в донных осадках и почвах в пределах аномальных участков геохимического поля, их распределение в почвенном горизонте вдоль русла водотока можно аппроксимировать последовательностью отрезков линейных функций вида: $C_{почв} = b*S$ на интервале приращения площади водосбора ($0 < S < \Delta S$) между смежными точками опробования в направлении от истока к устью. В этом случае зависимость между содержанием элемента в донных отложениях и почве описывается формулой:

$$C_{ал} = \frac{\alpha}{\alpha - \gamma + 1} C_{почв} \,. \quad (6)$$

Выражение (6) определяет соотношение содержания элемента загрязнителя в почве для участков русла, где на прилегающих берегах имеются высоко контрастные ореолы техногенного загрязнения. Значения коэффициента аллювия и кинетической константы определяются аналогично, как и области фона. Соотношение уклонов берегов позволяет оценить с какого из них преобладает поступление рыхлого материала в русло. Чем больше крутизна берега и его площадь водосбора, приходящаяся на единицу длины русла, тем вероятней нахождение на нем основной массы загрязнителя.

Выведенные зависимости были использованы для оценки прогнозных ресурсов рудных месторождений в разных регионах России, а также при интерпретации данных ранее выполненных геохимических съемок [1].

Заключение

Для прогноза состава почв по данным опробования аллювия речной сети необходимы сведения о константах, характеризующих процессы гипергенного преобразований рыхлого материала, в процессе его миграции по руслу. Значения коэффициента аллювия могут быть сняты с топографических карт, а для отдельных регионов получены с средствами геоинформационной системы Google Earth. Значения кинетической константы для отдельных видов минерального сырья могут быть установлены в результате проведения опытно-методических работ и по материалам геохимических съемок по вторичным ореолам и потокам рассеяния, выполняемых геологическими компаниями при поисках рудных месторождений.

Анализ этих данных позволит установить основные закономерности, связывающие обе константы, т.к. главными факторами, определяющими их значения, являются скорость течения воды и плотность минеральных частиц.

Литература

1. *Воробьев С.А.* Модели количественной взаимосвязи вторичных ореолов и потоков рассеяния. Разведка и охрана недр. 2009. №5, с.19-22

2. *Cannon W. F., Woodruff L.G., Pimley S.* Some statistical relationships between stream sediment and soil geochemistry in northwestern Wisconsin – can stream sediment compositions be used to predict compositions of soils in glaciated terranes? Journal of Geochemical Exploration. 81. 2004. 29–46.

МЫШЬЯК В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОСИСТЕМАХ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Е.А. Ворончихина, В.И. Ждакаев

Естественнонаучный институт Пермского государственного научно-исследовательского университета, 614990 Россия, Пермь, ул.Генкеля 4.
E-mail: Voronchihina-ea@yandex.ru, Slava.zhdakaev@yandex.ru

Мышьяк – технофильный химический элемент первого класса экологической опасности, характеризующийся высокой токсичностью и канцерогенными свойствами по отношению к теплокровным организмам. В малых концентрациях он широко распространен в геологической среде, особенно характерен для осадочных отложений. По уточненным данным кларк мышьяка для верхнего осадочного слоя земной коры составляет 1,8 мг/кг [3]. На фоне относительно низкого кларка пространственное распределение мышьяка неоднородно. Причиной этого является его миграционная активность в природной среде и нарастающее техногенное рассеивание.

Высокая технофильность мышьяка связана с использованием соединений этого элемента в промышленности и в быту. Издавна мышьяк применяли в составе отравляющих веществ, в том числе боевого назначения, как лекарственный компонент в определенных группах медицинских препаратов, а также в пестицидах для борьбы с сельскохозяйственными вредителями. Современная промышленность использует мышьяк для производства тугоплавких сплавов, в оптическом стекловарении, кожевенном производстве, фармакологии. Однако наибольший объем поступления мышьяка в природную среду обусловлен добычей и переработкой полезных ископаемых, в которых мышьяк присутствует в виде примесей.

Известно, что соединения мышьяка в малых дозах присутствуют во всех хозяйственных группах полезных ископаемых: в рудах, в углеводородном сырье, в промышленных глинах и др. [7]. При добыче и переработке полезных ископаемых мышьяк рассеивается в атмосфере с неорганическими поллютантами, сбрасывается со сточными водами, складируется в отвалах твердых отходов, из которых вымывается атмосферными осадками, загрязняя поверхностные и подземные воды. Под влиянием рассеивания в природной среде формируются устойчивые очаги загрязнения, представляющие экологическую опасность.

Несмотря на множество источников рассеивания мышьяка, системный эколого-геохимический контроль за загрязнением природной среды его соединениями во многих промышленных регионах, в том числе в Пермском крае, отсутствует. Этим обусловлена цель данного исследования – первичная оценка техногенного рассеивания мышьяка при

освоении полезных ископаемых, формирующих специфику горнодобывающих отраслей Пермского края – добычу ископаемых солей и нефти. Территориальные объекты исследования – промышленно освоенные площади ПАО «Уралкалий», ООО «ЕвроХим-Усольский калийный комбинат», нефтедобывающие участки Уньвенского, Софьинского и Павловского месторождений, показаны на рис. 1.

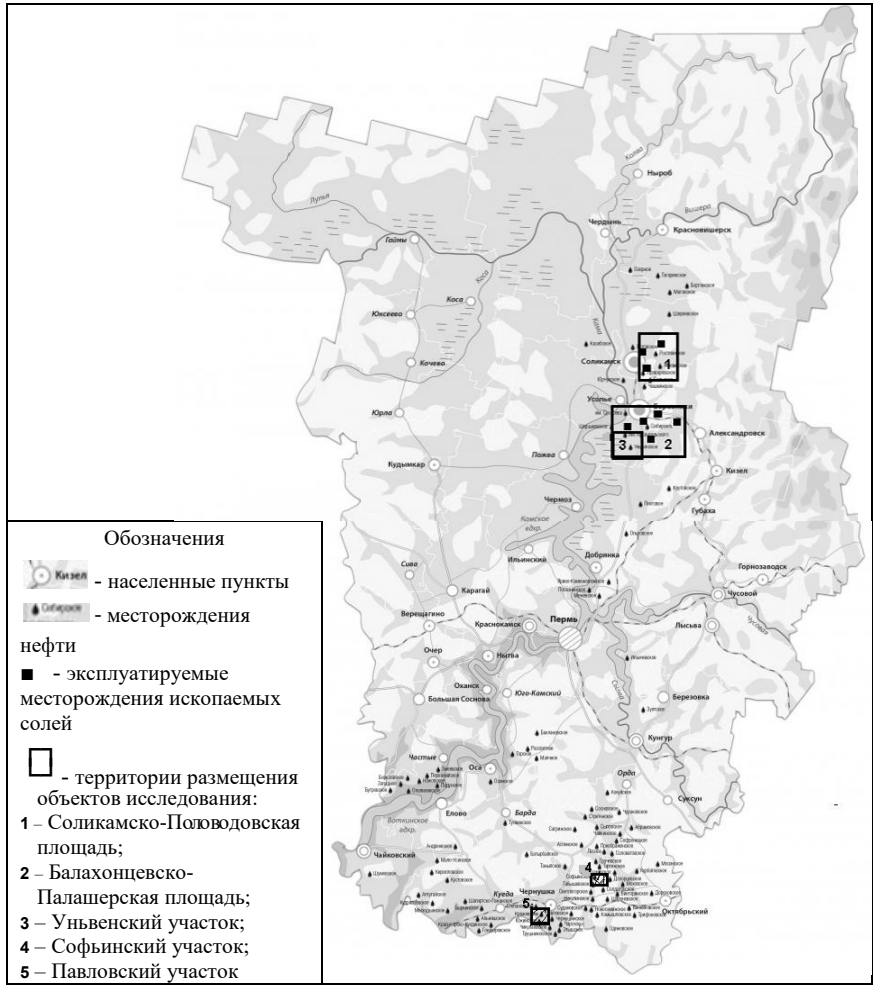


Рис. 1. Территории исследования на схеме Пермского края (картографическая основа по [9]).

Рассматриваемые объекты объединяет сходство природных геохимических факторов, способствующих естественной аккумуляции анионогенных элементов, к которым относится мышьяк: все они

приурочены к карбонатным вмещающим породам и характеризуются высокой плотностью органического вещества [9-10, 16].

Для оценки техногенной геохимической нагрузки использованы материалы инженерно-экологических изысканий и экологического мониторинга, полученные при выполнении НИР Лабораторией экологической геологии ЕНИ ПГНИУ в 2010-2018 гг.

Методической основой исследования послужила теория экологической геохимии, азы которой изложены в фундаментальных трудах В.И.Вернадского [1], отнесшего живое вещество к важнейшему фактору миграции химических элементов в поверхностной сфере Земли. В геосистемном представлении миграционные процессы неразрывно связаны с наличием в природной среде универсального аккумулятивного эколого-геохимического барьера – почвенного покрова [12]. Будучи промежуточным звеном между живыми и косными компонентами геосистемы, почвенный покров позволяет дать объективную оценку сложившейся техногенной нагрузки, выразив ее не только в количественных показателях (по превышениям над нормативными концентрациями элементов), но и в качественных изменениях природной среды, отражающих экологическую опасность.

Исследования включали полевое и лабораторно-аналитическое геохимическое опробование почв в соответствии с требованиями ГОСТ [11]. При этом учитывалось, что эколого-геохимическая специфика мышьяка как загрязнителя природной среды является следствием его геохимических особенностей [2, 4-8]:

1) высокой растворимости в воде (мышьяк относится к активным водным мигрантам);

2) атмосферной летучести соединений при термических процессах;

3) склонности к химическому взаимодействию с серой, сурьмой и металлами (железом, никелем, медью, цинком, свинцом и др.), что приводит к их совместному осаждению на геохимических барьерах;

4) высокой сорбционной активности по отношению к глинистым частицам и органическому веществу;

5) высокой биохимической активности.

Растворимость мышьяка в природных водах и склонность к атмосферному переносу предопределяет обширность ареалов рассеивания. Важнейшими природными факторами, способствующими почвенной аккумуляции мышьяка в почвах очагов рассеивания, являются: гранулометрический состав (наличие физической глины), кислотно-щелочные показатели вмещающего субстрата (наиболее высокий уровень аккумуляции характерен для почв со щелочной реакцией среды), а также аридность климата и интенсивность биогеохимических процессов.

В биогеохимическом отношении мышьяк относится к группе элементов активного биологического захвата [4]. Будучи вовлеченным в биологический круговорот растительностью, поглощающей данный элемент из атмосферы и из почвы, он концентрируется в пищевой цепи с нарастанием содержаний от низших звеньев (растительности) к высшим

(теплокровным организмам). По мере отмирания растительности накопленная в ней масса мышьяка в составе прочих технофильных элементов возвращается в почвенный покров и устойчиво закрепляется в нем в составе органического вещества и на глинистых частицах. В условиях застойного режима влаги, дефицита увлажнения, нейтральной или щелочной реакции почвенной среды, мышьяк, поступающий в нее даже крайне малыми дозами, может сформировать экологически опасные очаги загрязнения.

Статистически обработанные результаты оценки концентраций мышьяка в почвенном покрове территорий исследования представлены в таблице.

Таблица 1

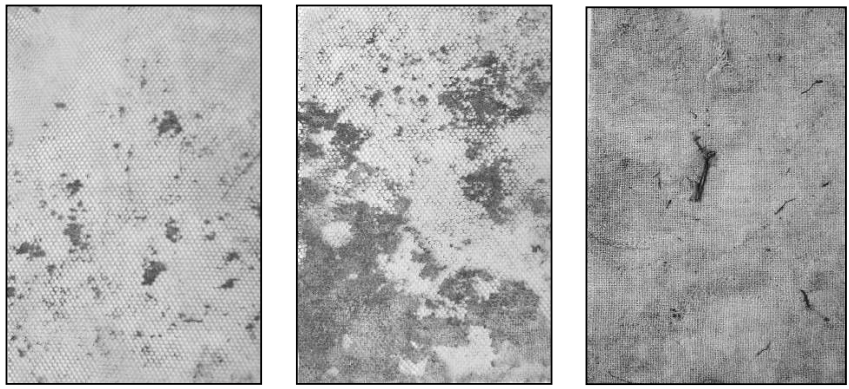
Содержание мышьяка в почвах геосистем ареалов геохимического воздействия соле- и нефтедобывающих объектов на территории Пермского края

Территориальные объекты исследования	Количество проб	Почвенные показатели			Содержание мышьяка, в мг/кг воздушно-сухой почвы				Модальное значение в долях от ПДК [13]
		Содержание (от-до), %		pH	ПДК для почв [13]	Экстремальные значения (min-max)	Модальное значение	±	
		Физической глины	Органики						
Объекты добычи и обогащения ископаемых солей									
Соликамско-Половодовская площадь	153	20-40	1,3-2,7	6,1-8,3	2,0	1,3-11,6	3,7	3,0	1,9
Балахонцевско-Палашерская площадь	86	40-60	2,0-2,9	5,9-8,5	2,0	2,1-10,7	4,9	2,8	2,5
Объекты нефтедобычи									
Уньвенский участок	37	40-60	2,1 -2,7	6,1-7,7	2,0	2,2-10,2	4,3	3,1	2,2
Софьинский участок	12	40-60	2,9 -3,3	6,1-7,5	2,0	3,9-9,5	4,8	3,3	2,4
Павловский участок	10	60-80	2,7 -3,0	6,0-7,3	2,0	4,2-9,7	5,1	3,5	2,6

Результаты оценки свидетельствуют о повышенных содержаниях мышьяка в почвенном покрове рассмотренных территориальных объектов. Превышения относительно предельно-допустимых концентраций (ПДК) [13] весьма существенны, в модальном выражении от 1,9 до 2,6 раз, максимальное превышение составило 5,8 (см. таблицу). Значительный разброс экстремальных значений указывает на очаговость загрязнения. Наибольшая очаговость характерна для Соликамско-Половодовской

площади и объясняется, очевидно, пониженным на фоне прочих территорий уровнем почвенного поглощения в связи с относительно легким гранулометрическим составом субстрата (супеси и легкие суглинки) и низким содержанием в нем органического вещества (см. табл.1). Наиболее выраженная концентрация мышьяка, модальное значение которой в 2,6 раза превышает ПДК, выявлена в глинистых почвах Павловского участка нефтедобычи.

Чем опасны высокие концентрации мышьяка для почвы и геосистемы в целом наглядно иллюстрирует рис. 2, на котором показано влияние загрязнения на активность функционирования почвенной микрофлоры по уровню деструкции целлюлозы (метод Мишустина [14]).



а) валовое содержание As в почве 1,7 мг/кг

б) валовое содержание As в почве 4,9 мг/кг

в) валовое содержание As в почве 11,6 мг/кг

Рис. 2. Микробиологическая активность почвы при разных концентрациях мышьяка в корнеобитаемом слое.

Представленные на рис. 2 тканевые (лен) планшетки в сетчатом капроновом каркасе экспонировались в корнеобитаемом слое однотипной дерново-подзолистой почвы с разным содержанием мышьяка на протяжении вегетационного сезона. Полученные данные свидетельствуют, что при концентрации данного элемента ниже ПДК (рис. 2а) целлюлоза планшетки претерпела почти полную деструкцию, от тканевой основы сохранились фрагментарные участки, в общей сложности 7,2% первоначального полотна. По мере нарастания концентрации мышьяка сохранность ткани пропорционально увеличивается, достигая при 5-кратном превышении ПДК 99,2% (рис. 2б,в). Высокая сохранность планшетки свидетельствует о резком снижении микробиологических функций почвенного покрова, ведущих к утрате почвенного плодородия.

Таким образом, результаты исследования показали повышенное содержание мышьяка в ареалах техногенного рассеивания. В характерных для Пермского края гумидных условиях, выраженных избытком влаги на

фоне низкого испарения, биологическая активность мышьяка остается высокой на протяжении десятилетий, первичные соединения при этом трансформируются в направлении повышения токсичности. Под влиянием почвенных растворов осажденные минеральные формы мышьяка преобразуются в мышьяковистую кислоту, обладающую высокой водной и биомиграционной активностью [6,7,12,15]. Данный процесс существенно повышает уровень экологической опасности первичных соединений мышьяка, способствуя его выносу из загрязненных почв в поверхностные и подземные воды, поэтому требует углубленного изучения и контроля.

Литература

1. *Вернадский В.И.* Биосфера // Избр. соч.в 5 т. Т.5. М.: Изд-во АН СССР,1960.
2. *Водяницкий Ю.Н., Васильев А.А., Власов М.Н., Коровушкин В.В.* Роль соединений железа в закреплении тяжелыхметаллов и мышьяка в аллювиальных и подзолистых почвах в районе г.Перми // Почвоведение, 2009. №7, с.794-805.
3. *Гринвуд Н., Эрншо А.* Химия элементов. М.: Бином, 2008.
4. *Добровольский В.В.* Биосферные циклы металлов и регуляторная роль почвы // Почвоведение, 1997. №4, с.431-441.
5. *Евдокимова Г.А., Кислых Е.Е., Мозгова Н.П.* Биологическая активность почв условиях аэротехногенного загрязнения на Крайнем Севере. Л.: Наука, 1984.
6. *Елпатьевский П.В.* Геохимия миграционных потоков в природных и природно-техногенных геосистемах. М.: Наука, 1993.
7. Загрязнение мышьяком / http://ekrost.ru/zagryaznenie-myshyakom-i-ohrana-pochv.html (дата обращения 06.11.2018 г)
8. *Ильин В.Б.* Мышьяк в почвах Сибири // Почвоведение, 1995. №5, с.634-638.
9. *Кожевникова Е.Е., Карасева Т.В.* Особенности формирования залежей нефти в отложениях терригенного девона южной части Пермского края // Нефтегазовое дело, 2011. №5, с.302-319.
10. Нефтяные месторождения Пермского края // https://permneft-portal.ru (дата обращения 06.11.2018 г)
11. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. ГОСТ 17.4.4.02-84. М.: Издательство стандартов, 2010.
12. *Перельман А.И.* Геохимия. М.: Высшая школа, 1989.
13. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. ГН 2.1.7.2041-06 / Утв. Гл. гос. санитарным врачом РФ 23.01.2006 г.
14. *Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.Н.* Практикум по микробиологии. М.: Колос, 1979.
15. *Черняев А.М., Черняева Л.Е., Бабченко В.Н.* Гидрохимия малых, редких и рассеянных элементов. Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1970.
16. *Яковлев Ю.А., Макаловский В.В., Мерсон М.Э., Фрик М.Г.* Нефть и газ // Минерально-сырьевые ресурсы Пермского края. Энциклопедия / Гл. ред. А.И.Кудряшов и др. Пермь: Книжная площадь, 2006, с.142-157.

О ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В ВОСТОЧНОМ ДОНБАССЕ

А.И. Гавришин, В.М. Суховий, А.Д. Быкова

Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И.Платова.
E-mail: agavrishin@rambler.ru

Введение. Угледобывающая промышленность играет ведущую роль в развитии индустрии Восточного Донбасса. Она оказывает существенное влияние на окружающую среду и наносит серьезный экологический ущерб территории региона. Можно выделить два главных этапа в закономерностях изменения состояний окружающей среды: первый этап связан со становлением и развитием угольной промышленности в Восточном Донбассе (1920-1992 гг.), второй – с периодом массовой ликвидации угольных шахт и после ликвидационным периодом (с 1992 г.). В первый период формировались такие негативные процессы, как снижение уровней подземных вод, осушение массивов и формирование техногенной трещиноватости горных пород, образование шахтных и загрязнение природных вод, и другие. Во второй период главную роль начали играть такие процессы, как повышение уровней подземных вод и подтопление территорий, проседание земной поверхности, интенсификация процессов окисления сульфидов, образование высоко минерализованных шахтных вод, выделение «мертвого воздуха» и многие другие [1, 2, 7]. Все это существенно ухудшило состояние окружающей среды в изученном регионе. В прессе проблемам загрязнения природных вод в угольных регионах уделяется значительное внимание [3, 9, 10].

Методика исследований. Выявление и количественное описание гидрогеохимических закономерностей выполнено с применением компьютерной технологии AGAT-2, реализующей G-метод [4] классификации многомерных наблюдений (выделение однородных совокупностей), который основан на оригинальном критерии Z^2 Гавришина [2]. G-метод характеризуется следующими наиболее важными свойствами:

-построение классификации многомерных наблюдений при отсутствии априорных 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.

Кроме G-метода при интерпретации гидрогеохимических данных применены разнообразные математико-статистические процедуры. Для изучения закономерностей изменения химического состава поверхностных подземных и шахтных вод использованы результаты анализа более 2000 проб вод Восточного Донбасса.

В название вод ионы включаются при содержании более 25%- молей и компоненты располагаются в порядке возрастания содержаний.

Гидрогеохимические закономерности. Для анализа закономерностей формирования химического состава поверхностных вод необходимо охарактеризовать основной источник их загрязнения – шахтные воды. В таблице 1 приведен состав шахтных вод Восточного Донбасса за столетний период (с 1920 по 2015 гг.). Хорошо заметен волнообразный характер изменения минерализации (М) и содержаний большинства ионов: максимальные значения приходятся на периоды, связанные с затоплением угольных шахт во время Великой Отечественной войны (1943-1955 гг.) и при массовой ликвидации шахт после 2000 года [5, 6, 8]. В настоящее время происходит максимальное загрязнение поверхностных и подземных вод.

Таблица 1

Химический состав шахтных вод в различные периоды опробования

Период, гг.	HCO_3	SO_4	Cl	Ca	Mg	Na	Fe	pH	M
1920е	183	1443	397	233	184	405	(0,1)	6,9	2840
	7	68	25	26	35	39			
1940е	25	2590	257	304	219	642	(32)	4,4	4040
	1	88	11	25	30	45			
1950е	221	2795	443	330	191	964	(52)	5,2	4947
	5	78	17	23	20	57			
1966	264	1741	448	98	217	710	1,1	6,7	3500
	8	68	24	10	35	55			
1992	580	1700	730	205	137	1035	3.6	7,5	4390
	15	54	31	15	17	68			
2002	610	2372	445	223	250	886	47	7,1	4810
	11	77	12	19	29	52			
2010	581	2708	425	366	254	886	35	7,2	5275
	12	73	15	36	23	41			
2015	576	2812	344	287	270	940	34	6,9	5238
	12	75	13	18	29	53			

Примечание: Содержания компонентов даны в мг/л и % - моль, в скобках указаны содержания по ограниченному числу наблюдений.

Большинство рек в Восточном Донбассе под влиянием сброса шахтных вод практически утратили водохозяйственное значение. В табл. 2 приведен вынос растворенных веществ и некоторых компонентов шахтными водами в гидрографическую сеть Восточного Донбасса. Наибольший вынос растворенных веществ, сульфат-иона и железа происходит в реку Грушевка (167; 91; и 2,5 соответственно), Кундрючья (100; 50; 0,37), Кадамовка (91; 57; 0,76), Лихая (35; 17; 0,48 тыс. т/год).

Во всех случаях снижается величина pH, минерализация увеличивается до 2 раз, содержание SO_4 – до 3 раз, железа – в десятки раз. Кроме того, обнаруживается повышенное содержание Mn, Al, Cu и других компонентов. Например, на воды р. Кадамовка основное влияние оказывает сброс шахты Глубокая, воды которой имеют минерализацию 12700, содержание сульфат-иона - 8200 и железа - 110 мг/л.

Таблица 2

Вынос шахтными водами растворенных веществ и отдельных компонентов (тыс. т/год) в гидрографическую сеть Восточного Донбасса

Бассейн, река	Показатели шахтных вод					
	Расход шахтных вод млн $м^3$/год	Растворенные вещества	Сульфат	Железо	М г/л	pH
Б,Каменка	4,0	19,4	8,2	0,013	4,8	7,5
М,Каменка	0,44	2,2	1,3	0,012	5,1	6,5
Калитва	0,4	2,4	1,3	0,002	6,0	6,4
Лихая	7,5	35,0	17	0,48	4,7	7,0
Быстрая	2,5	17,5	7,7	0,3	7,0	6,3
Кундрючья	25	100	50	0,37	4,0	7,5
Всего Северский Донец	40	184	86	1,2	4,5	7,3
Б,Несветай	1,3	9,8	5,3	0,16	7,5	6,6
Грушевка	22,8	167	91	2,5	7,5	6,6
Кадамовка	7,6	90,7	57	0,76	11,9	6,2
Всего р. Тузлов	31,4	269	155	3,4	8,6	6,6
Итого р. Дон	72,4	453	241	4,6	6,3	7,0

Река Лихая испытывает основное влияние со стороны сброса шахтных вод ш.Комиссаровская. При функционировании шахты минерализация шахтных вод составляла 3000-4000, содержание SO_4 – 2000-2500 и железа 30-40 мг/л; после ликвидации шахты путем затопления выработанного пространства и бурения водовыпускающих скважин для предотвращения подтопления населенных пунктов минерализация сбрасываемых в реку вод повысилась до 15000-18000, содержание SO_4 – до 10000-12000, железа – до 300-500 мг/л, т,е, после затопления ш.Комиссароская в природно-техногенном резервуаре усилились процессы окисления сульфидов и растворения сульфатов, что привело к резкому росту загрязнения р. Лихая. В загрязнении вод р. Бургуста основную роль играет сброс вод шахты Степная, для которой тоже характерен рост минерализации, содержаний SO_4 и Fe после ликвидации шахты.

Для изучения современных направлений изменения химического состава поверхностных вод в Восточном Донбассе проанализирован состав вод мелких рек и водотоков в регионе (в расчет не входили транзитные реки такие, как Северский Донец, Тузлов и Дон). Для определения однородных видов наблюдений применена компьютерная технология АГАТ-2, основанная на G-методе классификации многомерных наблюдений [3, 4]. Выделено 8 однородных гидрогеохимических видов, которые приведены в табл. 3. Анализ состава однородных видов позволил объединить их в пять генетических вариантов, средний состав которых указан в табл. 4.

Таблица 3

Изменение химического состава поверхностных вод Восточного Донбасса в 2015 г.

Вариант	Вид	pH	Компонент (мг/л и % - моль)						
			HCO_3	SO_4	Cl	Ca	Mg	Na	M
1	5,01	7,98	303 30	304 37	200 33	153 46	85 42	50 12	1095
2	0,01	7,89	281 17	1023 70	142 13	143 23	79 24	379 53	2047
	1,01	7,94	406 18	1330 74	122 8	254 34	107 24	379 42	2598
3	1,02	7,98	387 12	2020 79	179 9	285 26	170 27	578 47	3619
	2.,01	7,88	514 14	2040 74	261 12	311 26	221 32	561 42	3908
4	3,01	8,23	254 11	997 60	380 29	140 20	101 23	466 57	2338
	3,02	8,47	315 13	1150 58	433 29	155 13	132 58	517 29	2702
5	4,01	7,99	660 11	3210 74	516 15	324 18	248 23	1250 59	6208

Первый вариант (4% наблюдений) характеризует начальный этап формирования химического состава поверхностных вод в регионе, которые не подвержены загрязнению. Это гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатные магниево-кальциевые воды, находящиеся в верховьях рек Быстрая и Мал. Несветай. Второй вариант (55% наблюдений) соответствует средней степени загрязнения поверхностных вод региона, которые равномерно распределены по территории (большая часть проб по рекам Лихая, Гнилуша, Б. Несветай и др.). Это – сульфатные кальциево-натриевые воды, со средней минерализацией 2561 и содержанием сульфат-иона 1300 мг/л.

В третий вариант вошли наблюдения (27%), которые свидетельствуют об усилении процессов загрязнения поверхностных вод (районы рек Кадамовка, Аюта и др.). Минерализация в среднем повышается до 3795, а содержание сульфат-иона до 2035 мг/л. Четвёртый вариант характеризуется оригинальным составом вод, здесь особенно высоки содержания хлор-иона. Воды по составу хлоридно-сульфатные магниево-натриевые (табл.4). Территориально они расположены по р. Быстрая в районе шахт Восточная и Тацинская.

Пятый вариант (7% наблюдений) отражает наиболее интенсивное загрязнение поверхностных вод шахтными. Это сульфатные натриевые воды высокой минерализации, которая в среднем составляет 6201, а содержание сульфат-иона теперь – 3210 мг/л. Таким высоким загрязнением характеризуются воды рек Кадамовка и Атюхта под влиянием шахтных вод шахт Глубокая и Красина. Минерализация вод повысилась в 6 раз, содержание сульфат-иона в 10.

Таблица 4

Средний состав поверхностных вод по гидрогеохимическим вариантам (мг/л и %-моль)

Вариант	pH	HCO_3	SO_4	Cl	Ca	Mg	Na	M
1	7,98	303 30	304 37	200 33	153 45	85 42	50 12	1095
2	7,90	400 16	1300 73	130 11	240 32	100 22	391 46	2561
3	7,90	500 14	2035 74	250 12	300 21	205 44	460 35	3795
4	8,35	285 13	1074 58	406 29	146 18	116 26	483 55	2510
5	7,99	660 11	3210 74	516 15	324 18	248 23	1250 59	6208

Заключение. Установлено, что шахтные воды играют ведущую роль в загрязнении природных вод Восточного Донбасса. Эта роль значительно возросла после массовой ликвидации угольных шахт в регионе. В после ликвидационный период усилились многие негативные процессы: интенсивное повышение уровней подземных вод и подтопление территорий, проседание земной поверхности, интенсификация процессов окисления сульфидов и растворения сульфатов, образование высоко минерализованных шахтных вод. На многих шахтах минерализация вод повысилась до 15-19, содержания сульфатов до 12-15, железа до 0,3-0,8 г/л, значительно выросли содержания Al, Mn, Cu, Zn и других микроэлементов. Все это способствовало усилению процессов загрязнения поверхностных и подземных вод. Большинство поверхностных вод утратили свое водохозяйственное значение. Наибольший вынос растворенных веществ, сульфат-иона и железа происходит в реки Грушевка, Кундрючья, Кадамовка, Лихая, Атюхта и Аюта.

Следовательно, наиболее остро стоит проблема снижения экологического ущерба территории региона, принятия эффективных мер по реабилитации окружающей среды и предотвращению загрязнения природных вод в Восточном Донбассе.

Литература

1. *Гавришин А.И.* Состояние окружающей среды в районе угольных шахт Восточного Донбасса // Горный журнал. 2018. №1. С.92-96. DOI: 10.17580/gzh.2018.01.17.
2. *Гавришин А.И.* Закономерности формирования химического состава шахтных вод восточного Донбасса // ДАН. 2018, т. 481, №2. С. 186-188. DOI: 10.31857/S08695652000201-4.
3. *Гавришин А.И.* Шахтные воды Восточного Донбасса и их влияние на состав подземных и поверхностных вод региона // Водные ресурсы. 2018. №5. С. 555-565. DOI: 10.1134/S0321059618050085.
4. *Гавришин А.И., Корадини А.* Многомерный классификационный метод и его применение при изучении природных объектов. М.: Недра, 1994. 92 с.
5. *Закруткин В.Е., Скляренко Г.Ю., Гибков Е.В.* Особенности химического состава и степень загрязненности подземных вод углепромышленных районов Восточного Донбасса // Известия вузов. Северокавказский регион. Серия: Естественные науки. 2014. № 4. С. 73–77.

6. *Кеммер Б.Н.* О составе вод из шахт Донецкого каменноугольного бассейна //Горный журнал. – 1923. - № 3-4. С. 5-17.
7. *Мохов А.В.* О растекании шахтных вод из затопленных угольных шахт в недрах // Доклады Академии наук. 2011. Т. 438. № 4. С. 494–496.
8. *Назарова Л.Н.* Шахтные воды восточной части Донецкого бассейна и некоторые вопросы происхождения их химического состава // Гидрохим. материалы. 1968. Т. 47. С. 99–109.
9. *Appelo C. A. J., Postma D.* Geochemistry, Groundwater and Pollution. Second ed. – Tailor&Francis, 2005. – 683 p.
10. *Ciparis S., Phipps A., Soucek D.J., Zipper C.E., Jones J.W.* Effects of environmentally relevant mixtures of major ions on a freshwater mussel // Environmental Pollution. 2015. Vol. 207.P. 280–287.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ АРКТИЧЕСКИХ ОЗЕР СТОКАМИ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В.А. Даувальтер

Институт проблем промышленной экологии Севера, ФГБУН ФИЦ Кольский научный центр РАН
184209, г. Апатиты, Мурманская обл., Академгородок, 14а. E-mail: vladimir@inep.ksc.ru

Горнодобывающая промышленность, являясь одной из важнейших отраслей в России, в том числе и Арктической зоны, вносит значительный вклад в преобразовании окружающей среды, облика поверхности, часто оказывает негативное влияние на состояние наземных и водных экосистем. Оленегорский горно-обогатительный комбинат (АО «Олкон», г. Оленегорск Мурманской обл.) является одним из крупнейших предприятий Евро-Арктического региона и самым северным в России производителем железорудного сырья. С целью оценки современного экологического состояния водных экосистем проведено исследование химического состава воды и донных отложений (ДО) озер, в различной степени подверженных влиянию стоков горнорудного предприятия (рис. 1).

С началом деятельности АО «Олкон» состав воды водоемов, принимающих фильтрационные воды хвостохранилища и отвалов, претерпел значительные изменения. Увеличилась минерализация (с природных значений 20–30 до 100 мг/л) и значения pH (с нейтральных 6.4–7.2 до слабощелочных 7,6) воды исследуемых озер (табл. 1). Изменился также и качественный состав воды этих озер – класс воды сменился с гидрокарбонатного на сульфатный. Источником повышенного поступления SO_4^{2-} являются сульфиды, входящие в состав железистых кварцитов, а также атмосферные выбросы SO_2 комбината «Североникель». Биотиты (K (Mg, Fe)$_3$[Si_3AlO_{10}] [OH, F]$_2$), входящие в состав гнейсов, к которым приурочены рудные тела железистых кварцитов, являются основными источниками поступления главных катионов K^+ и Mg^{2+}, амфиболы – Ca^{2+} и Na^+. Поэтому повышение содержания основных ионов и минерализации воды озер вызвано поступлением фильтрационных вод хвостохранилищ и отвалов АО «Олкон». В озерах, принимающих стоки комбината, зафиксировано максимальное содержание K^+. В этих озерах отношение между катионами щелочных металлов [Na^+]/[K^+] находится в пределах от 2 до 4, тогда как в других озерах соотношение этих катионов находится в пределах от 6 до 11. В этих озерах соотношение суммы ионов щелочноземельных металлов к сумме ионов щелочных металлов в пределах от 3 до 4,5, в то время как у других озер соотношение [Ca^{2+}+Mg^{2+}]/[Na^++K^+] меньше (0,5-1,4).

В воде озер зафиксировано увеличение содержания соединений азотной группы (нитрат-иона, аммоний-иона и общего азота), что связано с использованием взрывчатых веществ, содержащих азотные соединения, при проведении буровзрывных работ при добыче железных руд (табл. 2). Содержание NO_3^- в некоторых озерах выше содержания главных ионов Na^+, K^+, Cl^- в

пересчете на эквивалентную концентрацию. Поступление загрязняющих веществ в составе сточных вод привело к подавлению биологической активности и уменьшению содержания органического вещества в воде озер.

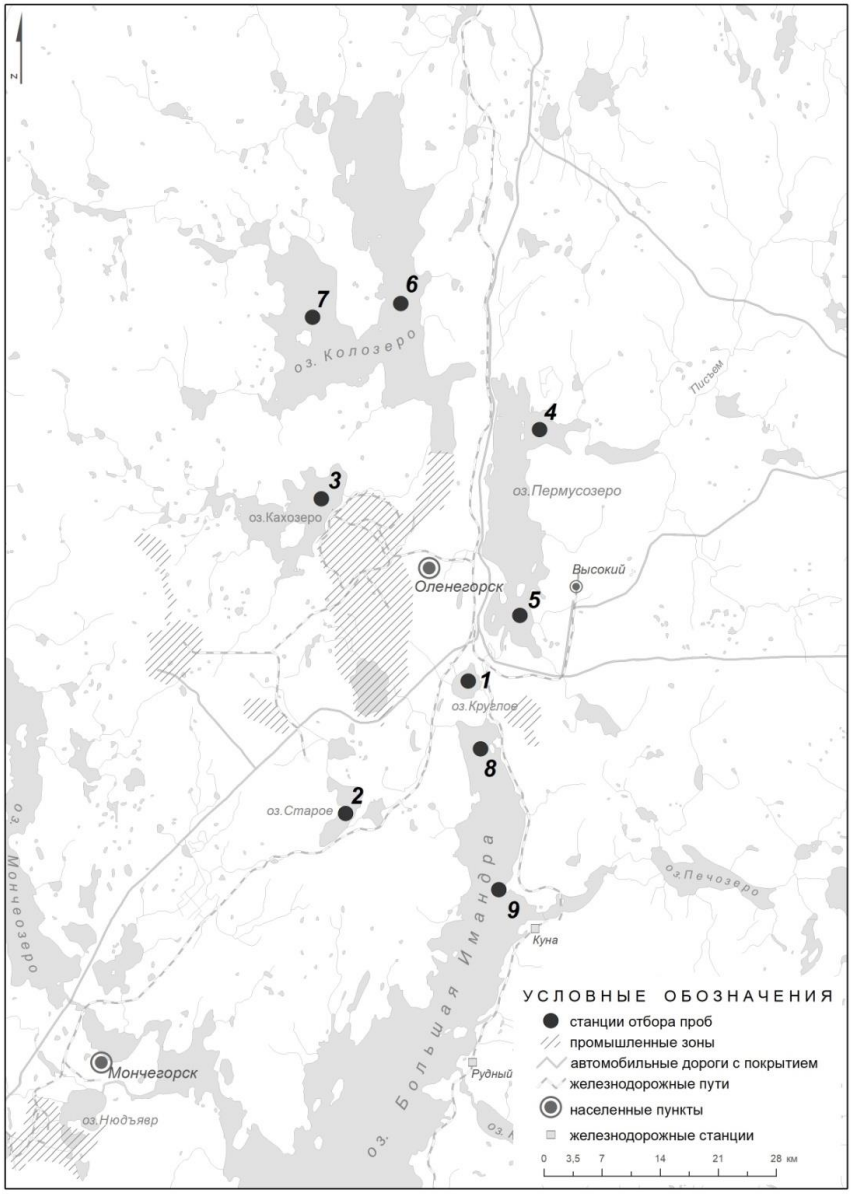


Рис. 1. Схема отбора проб на исследуемых водоемах. Номера станций на этом и рис. 2 соответствуют порядковым номерам в таблицах.

Таблица 1

Содержание главных ионов в воде исследуемых озер, мг/л

№№	Озеро, станция	pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	HCO_3^{-}	SO_4^{2-}	Cl^{-}	∑M*
1	Круглое	7,17	2,86	1,35	3,59	0,95	16,7	2,74	3,03	31,2
2	Старое	7,55	18,13	5,24	5,33	2,34	30,2	33,3	6,13	100,5
3	Кахозеро	7,29	7,34	2,19	2,63	1,17	18,6	12,6	2,68	47,1
4	Пермусозеро – 1	7,03	2,44	1,22	4,93	0,73	13,5	2,54	5,74	31,1
5	Пермусозеро – 2	7,17	2,30	1,13	3,06	0,73	13,3	2,54	2,58	25,7
6	Колозеро – 1	7,47	9,24	2,57	3,56	2,94	26,4	18,9	2,85	66,4
7	Колозеро – 2	7,46	8,44	2,41	3,34	2,66	24,3	17,2	2,69	61,0
8	Б. Имандра – 1	7,31	3,63	1,18	10,8	1,97	19,7	16,0	4,74	58,0
9	Б. Имандра – 2	7,35	3,46	1,17	11,7	2,10	19,9	17,3	5,03	60,7

Примечание. *– минерализация воды, мг/л.

Таблица 2

Содержание биогенных элементов и органических веществ в воде исследуемых озер

№№	Озеро, станция	PO_4^{3+}	$P_{общ.}$	NO_3^{-}	NH_4^{+}	$N_{общ.}$	ПО*	$C_{орг.}$**	Si
		мкг/л					мг/л		
1	Круглое	1,5	14	8.5	9,0	266	6,73	6,7	2,87
2	Старое	1,3	5	4383	51,3	5443	4,36	4,9	1,85
3	Кахозеро	0,5	9	639	22,8	1309	6,14	6,2	0,65
4	Пермусозеро – 1	2,0	13	5,0	7,0	234	7,76	7,5	2,72
5	Пермусозеро – 2	1,5	15	1,3	4,5	366	6,99	6,9	2,66
6	Колозеро – 1	2,3	26	2,5	11,0	371	3,73	4,4	1,57
7	Колозеро – 2	1,5	12	0,3	20,0	306	3,84	4,5	1,33
8	Б. Имандра – 1	0,5	13	13,3	11,5	238	3,23	4,0	0,77
9	Б. Имандра – 2	0,5	14	10,0	9,3	232	2,36	3,4	0,58

Примечание. * – перманганатная окисляемость, ** – органический углерод.

В озерах, принимающих стоки железорудного производства, зафиксированы наибольшие содержания Ni, Cu, Co, Al и Sr (табл. 3), поступающих в составе фильтрационных вод отвалов в результате окисления сульфидов, а также с атмосферными выбросами комбината «Североникель» [1-3]. Несмотря на поступление сточных вод железорудного производства, концентрации Fe в этих озерах наименьшие, что связывается с повышением величины pH воды озер, что снижает растворимость ионов Fe, и с уменьшением содержания органического материала, так как Fe в озерных водах Мурманской области находится, главным образом, в составе органо-минеральных соединений.

В поверхностных слоях ДО исследуемых водоемов отмечается значительное увеличение концентраций Cu, Ni, Co, Zn (рис. 2), как это было

отмечено в водоемах в зоне влияния атмосферных выбросов комбината «Североникель» [4], находящегося на расстоянии 20–40 км от исследуемых озер. Коэффициенты загрязнения (C_f – отношение концентрации элемента в поверхностном 1-см слое ДО к содержанию этого элемента в самой нижней части колонки, определяемого как фоновое [5]) для Cu находятся в диапазоне от 3,5 до 19,6 раза, для Ni – от 4,6 до 37,2 раза, для Co – до 7,6 раза, для Zn – до 2,5 раза (табл. 4). Отмечено довольно значительное превышение фоновых концентраций халькофильных элементов: для Cd – от 1,5 до 12,1 раза, для Pb – от 3,0 до 11,6 раза, для As – от 3,4 до 14,8 раза, для Hg – от 2,1 до 7,0 раза. Поэтому эти чрезвычайно токсичные в повышенных концентрациях элементы можно отметить в качестве основных загрязняющих элементов, наряду с Ni и Cu.

Таблица 3

Содержание микроэлементов в воде исследуемых озер, мкг/л

№№	Озеро, станция	Al	Fe	Mn	Cu	Ni	Co	Zn	Sr	Cr
1	Круглое	21	63	46	2,2	1,2	0,27	0,58	37	0,30
2	Старое	23	16	3	5,1	5,4	0,38	0,93	113	0,23
3	Кахозеро	52	62	14	4,2	4,7	0,30	0,85	69	0,25
4	Пермусозеро – 1	35	114	29	2,0	1,3	<0,20	0,93	35	0,23
5	Пермусозеро – 2	23	81	38	2,2	1,4	0,20	1,45	33	0,28
6	Колозеро – 1	8	47	119	2,2	2,2	0,20	0,85	58	0,20
7	Колозеро – 2	9	13	34	3,3	2,1	0,20	1,28	56	0,20
8	Б. Имандра – 1	26	39	20	3,5	4,3	<0,20	0,65	50	0,25
9	Б. Имандра – 2	31	34	22	4,1	5,3	0,30	1,18	52	0,23

Наибольшее значение степени загрязнения (C_d), рассчитанной как сумма коэффициентов загрязнения восьми тяжелых металлов (Cu, Ni, Co, Zn, Cd, Pb, Hg и As), отмечено в оз. Старое, расположенном в 9 км на юг от г. Оленегорск. На западном берегу оз. Старое расположены отвалы Оленегорского горно-обогатительного комбината ОАО «Олкон», стоки с которых, возможно, вносят значительный вклад в загрязнение озера. На втором месте по степени загрязнения стоит губа Куреньга плеса Большая Имандра, долгое время загрязняемая стоками и выбросами комбината «Североникель», а также ОАО «Олкон». Пермусозеро, являющееся источником питьевого водоснабжения г. Оленегорска и ОАО “Олкон”, также интенсивно загрязняется, о чем свидетельствуют высокие значения степени загрязнения. Остальные исследуемые озера характеризуются высокими значениями степени загрязнения (согласно классификации [5] Cd >32), кроме оз. Круглое.

Таблица 4.

Концентрации ТМ в поверхностных (0-1 см) и фоновых слоях (вторая строка для каждого озера) ДО, значения коэффициентов (C_f) и степени (C_d) загрязнения исследуемых озер

№№	Озеро	Слой, см	Cu	Ni	Zn	Co	Cd	Pb	As	Hg	C_d
		0-1	144	198	132	22	0,20	14,1	4,22	0,100	
1	Круглое	9-10	41	43	54	16	0,05	4,7	1,24	0,021	
		C_f	3,5	4,6	2,5	1,4	4,2	3,0	3,4	4,8	27,3
		0-1	505	1060	144	99	1,59	30,3	13,4	0,087	
2	Старое	21-22	26	29	70	13	0,13	3,9	0,91	0,017	
		C_f	19,6	37,2	2,1	7,6	12,1	7,7	14,8	5,1	106,1
		0-1	266	444	75	21	0,47	13,1	4,56	0,040	
3	Кахозеро	17-18	31	48	82	10	0,13	1,5	0,56	0,031	
		C_f	8,5	9,2	0,9	2,0	3,5	8,9	8,1	1,3	42,4
		0-1	151	286	154	29	0,33	21,8	4,42	0,160	
4	Пермусозеро-1	20-21	13	20	100	10	0,12	2,9	0,82	0,023	
		C_f	11,2	14,6	1,5	3,0	2,9	7,5	5,4	7,0	53,1
		0-1	197	264	219	25	0,58	25,2	8,04	0,290	
5	Пермусозеро-2	21-22	16	30	160	22	0,21	3,9	0,96	0,049	
		C_f	12,3	8,8	1,4	1,2	2,8	6,5	8,4	5,9	47,3
		0-1	266	444	75	21	0,47	13,1	3,98	0,160	
6	Колозеро-1	17-18	31	48	82	10	0,13	1,5	0,86	0,030	
		C_f	8,5	9,2	0,9	2,0	3,5	8,9	4,6	5,3	43,0
		0-1	246	404	119	38	0,22	24,6	9,03	0,117	
7	Колозеро-2	16-17	54	74	207	25	0,15	2,1	1,07	0,028	
		C_f	4,6	5,5	0,6	1,5	1,5	11,6	8,4	4,2	38,0
		0-1	260	1525	116	28	0,58	14,9	10.9	0,079	
8	Б.Имандра-1	16-17	25	49	154	15	0,20	2,2	2,32	0,025	
		C_f	10,4	31,1	0,8	1,8	3,0	6,8	4,7	3,2	61,6
9		0-1	314	1521	92	27	0.71	13,4	16,0	0,098	
	Б.Имандра-2	17-18	32	55	128	13	0.16	3,5	2,86	0,047	
		C_f	9,8	27,5	0,7	2,0	4,4	3,9	5,6	2,1	56,0

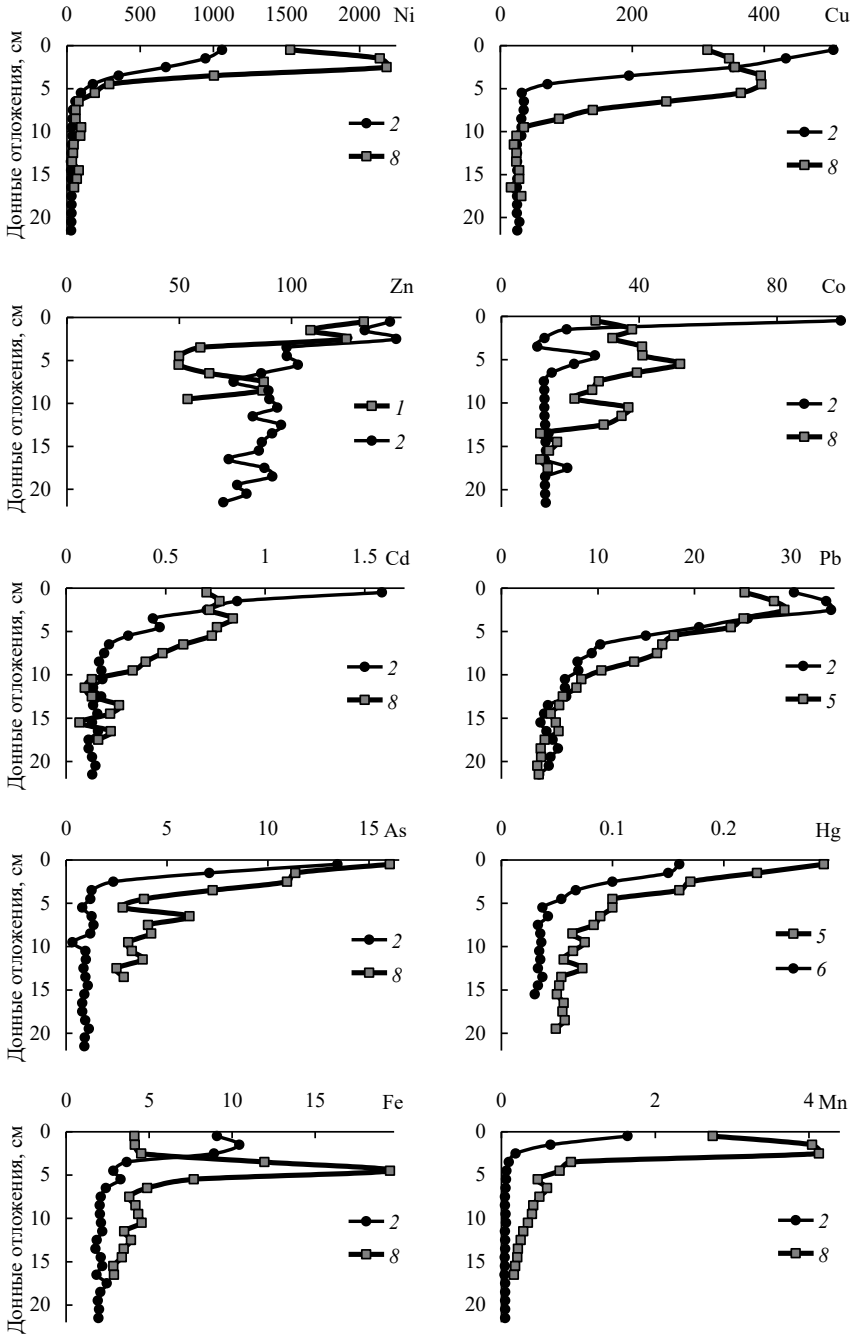


Рис. 2. Вертикальное распределение металлов в ДО исследуемых озер.

Литература

1. *Базова М.М.* Особенности формирования элементного состава вод Кольского Севера в условиях функционирования горнорудных производств // Геохимия. 2017. № 1. С. 92–106.
2. *Даувальтер В.А., Даувальтер М.В., Салтан Н.В., Семенов Е.Н.* Влияние выбросов горно-металлургического комбината на химический состав атмосферных выпадений (Мончегорский полигон) // Геоэкология. 2009. № 3– С. 228-240.
3. *Даувальтер В.А., Даувальтер М.В., Салтан Н.В., Семенов Е.Н.* Химический состав поверхностных вод в зоне влияния комбината «Североникель» // Геохимия. 2009. № 6. С. 628–646.
4. *Даувальтер В.А., Даувальтер М.В., Кашулин Н.А., Сандимиров С.С.* Влияние выбросов горно-металлургического комбината на химический состав донных отложений озер (Мончегорский полигон) // Геоэкология. 2010. № 2. С. 129–139.
5. *Håkanson L.* An ecological risk index for aquatic pollution control – a sedimentological approach // Water Res. 1980. V. 14. P. 975–1001.

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В ХИБИНСКОМ ГОРНОМ МАССИВЕ

А.В. Евсеев, Е.Л. Воробьевская, А.Д. Мазурова, А.Ф. Хусейнова

Географический факультет, МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва.
E-mail: avevseev@yandex.ru, lvorob@mail.ru, anfisa_90@mail.ru, adelledak@gmail.com

Хибинский горный массив расположен в центральной части Кольского полуострова. Созданный здесь Хибинский горнопромышленный комплекс уже на протяжении почти ста лет делает данную территорию одной из наиболее динамично развивающихся в Мурманской области. Акционерное общество (ОАО) «Апатит», расположенное в Хибинах, является крупнейшим в Европе поставщиком фосфатного сырья для производства минеральных удобрений. АО «Апатит» имеет важное значение для всего горнопромышленного комплекса Мурманской области: доля его продукции на данный момент составляет 56% всего промышленного производства регионе [5]. Данное предприятие является градообразующим для городов Апатиты и Кировск. Добыча руды открытым способом осуществляется на Восточном (месторождение горы Коашва, Ньоркпакх) руднике, самый крупный - Центральном (месторождение Апатитовый Цирк, гора Айкуайвенчорр) рудник закрыт. Подземным способом ведется добыча на Расвумчоррском (месторождение горы Расвумчорр) и Кировском (горы Кукис и Юкспорр) рудниках. Негативными чертами производства являются низкий уровень комплексного использования и переработки добываемых руд большей части месторождений и наличие больших объемов неиспользуемых отходов горного и обогатительного производств. В настоящее время из добытой руды полностью извлекаются апатит, частично нефелин и в небольшом объеме сфен. Значительная часть нефелина, титаномагнетит (16-18% TiO2), сфен (37% TiO2, 0,4% SrO), эгирин ежегодно в количестве 15-20 млн. т пополняют отвалы обогатительных фабрик [6]. Отходы апатит-нефелинового производства перекачиваются и складируются в хвостохранилищах намывного типа с системами оборотного водоснабжения: для АНОФ-2 оно расположено в губе Белая, отгороженной дамбой от о.Имандра, для АОНФ-3 – в заболоченной местности в южных предгорьях Хибин (р.Черная, р. Жемчужная). Уже сформировалось более 500 млн. т отходов [4].

Добыча апатито-нефелиновой руды в Хибинах оказывает комплексное значительное влияние на все компоненты экосистем: происходят изменения в рельефе местности, меняются геолого-гидрологические и геохимические условия, нарушается почвенный и растительный покровы, нарушается среда обитания животных, в худшую сторону меняется эстетика ландшафта. Немалый ущерб наносится и здоровью населения, находящегося в зоне воздействия промышленных объектов. Данное влияние усугубляется низкой

устойчивостью северных экосистем к антропогенному воздействию. В настоящее время Хибины, все более вовлекаются в хозяйственный оборот, что вызывает сложные ответные реакции в природных ландшафтах.

В целом по России и в районе исследования основной причиной смертности населения являются заболевания органов кровообращения (таблица 1) [3]. Помимо этого, заболевания органов дыхания почти в 4 раза превышают среднероссийские показатели, новообразования, в том числе злокачественные, так же выше среднего по России. В основном причиной способствующей их появлению является загрязнение стронцием, способствующему развитию рака костей. [2].

Таблица 1

Структура смертности населения в % от общего числа причин смертности (по данным [2, 3])

Район	Болезни системы кровообращения	Несчастные случаи, травмы и отравления	Новообразования, в т. ч. злокачественные	Болезни органов дыхания
Хибинский (Апатиты, Кировск)	50,6	15,1	14,3	18,0
Среднее по России	58,0	12,8	11,2	4,7

Загрязнение окружающей среды происходит как при добыче руды, так и в процессе ее переработки. На рис. 1 в качестве примера представлена схема переработки апатито-нефелиновых руд с указанием путей технологических потоков вещества в природную среду.

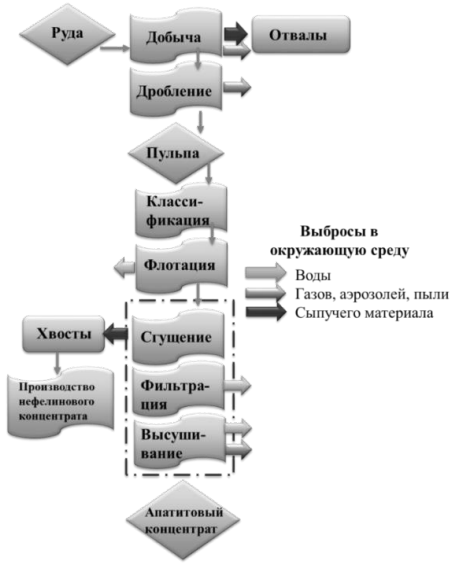


Рис.1. Технологическая схема переработки апатито-нефелиновой руды и загрязнение окружающей среды на разных этапах производства.

Одним из основных видов воздействий на природную среду в процессе деятельности АО «Апатит» является *механическое* - отчуждение и нарушение рельефа. Воздействием на недра следует считать образование подземных и карьерных пустот. Например, для АО «Апатит» удельные земельные нарушения на 1000 т добытой руды для подземных и открытых рудников составляют соответственно 0,026 га и 0,047 га.

[4]. Наиболее заметные изменения в ландшафтах происходят в результате образования карьеров и отвалов. Их площадь с каждым годом растет, однако никакой рекультивации они не подвергаются. Для получения одной тонны полезного продукта с каждым годом требуется добыть все больше тонн руды, т.к. самые богатые руды уже извлечены. В настоящее время на 1 кг получаемого концентрата образуется до 400 кг отвалов [6]. В результате деятельности комбината сформировалась обширная импактная зона.

Проведенные геохимические исследования на данной территории показали следующее. *Загрязнение атмосферного воздуха* происходит при добыче руд взрывным способом, в процессе дробления породы в дробильных цехах на обогатительных фабриках и при пылении отвалов отработанной породы (хвостохранилищ). Населенные пункты и их окрестности находятся под влиянием деятельности промышленных предприятий. Функционирование фабрик, хвостохранилищ, карьеров обусловливает загрязнение атмосферы аэрозольными частицами. Пылевые частицы, выбрасываемые в природную среду щелочные по своему химическому составу. Приоритетными загрязнителями являются пылевые частицы, стронций, свинец, цинк, соля алюминия, фосфор, железо и др. Особенно сильно от выбросов пылеватых частиц страдает растительность и почвенный покров. Пылевые частицы забивают устьица растений, вызывая их гибель. Наиболее опасным загрязнителем, содержащимся в выбросах следует назвать стронций, которым обогащены апатито-нефелиновые руды, а также в почву попадают соединения фосфора, соли алюминия. Всё это негативно сказывается на развитии растительности. Оседая на поверхности почвы токсичные вещества и соединения накапливаются и создают горизонт, препятствующий нормальному росту растений. Их содержание может достигать 40-50% от веса подстилки. [1]. Также частицы пыли накапливаются в руслах рек, заиляют их. Повышения содержания частиц пыли в атмосферном воздухе чаще всего связано с пылением хвостохранилищ, которое возникает при скорости ветра около 5 м/с. При таких обстоятельствах частицы пыли поднимаются ветром в воздух вокруг хвостохранилищ в виде туманов. В свою очередь оседание этой пыли на поверхности, например, оз. Имандра, негативно сказывается на развитии водных экосистем. Опосредованно влияние загрязнения проявляется и на здоровье людей: загрязнение стронцием может привести к развитию болезней костной системы, повышенное содержание частиц пыли в атмосферном воздухе способствует развитию бронхо-легочных и аллергических заболеваний [Душкова,2011]. Значительной проблемой является закрепление пылеобразного материала хвостов, которые даже при не особо сильном ветре начинают пылить, загрязняя окрестности, в частности г. Апатиты, пос. Титан, дачные товарищества. Максимальные значения загрязняющего потока наблюдаются вблизи хвостохранилищ, где концентрация пыли в воздухе может достигать 0,2-0,3 г/м^3. По данным Кольского научного центра, поток массы пыли на зеркало оз. Имандра на расстоянии нескольких км составляет 4-8 г/м^2 сут. Атмосферный воздух в Кировске загрязнён пылью, содержащей токсические соединения (особенно стронция) почти на протяжении всего года. Выявлено проявление в виде

высоких концентраций ряда характерных для данного ГПК загрязнителей: в поверхностных водах - фтористых, фосфорных соединений, железа, меди, стронция, сульфатов, в снеге – меди, стронция, в растении-биоиндикаторе – стронция, меди и свинца. В зоне воздействия ГПК в окрестностях Кировска и Апатит прослеживается площадное загрязнение аэротехногенными поллютантами. Несмотря на то, что Кировск, по сравнению с Апатитами, располагается в котловине с «застойными», менее благоприятными условиями очищения атмосферы, но, по сравнению с данными 1980-х годов, можно сказать, что загрязнение от деятельности объектов АО «Апатит» здесь стало меньше. Это можно связать с прекращением деятельности фабрики АНОФ-1, располагавшейся в котловине озера Большой Вудъявр в черте города. Загрязнение Кировска и окрестностей продолжается за счет подземных и открытых взрывов на рудниках (перенос пыли), автомобильного транспорта; г. Апатиты и окрестностей – из-за АНОФ-2 и хвостохранилища на р. Белая, а также за счет автотранспорта; юго-восточных и южных предгорий Хибин (в том числе, поселка Коашва, Титан) – в результате взрывов на рудниках «Восточный» и «Олений ручей», деятельности АНОФ-3, АНОФ-2, АНОФ СЗФК, хвостохранилища на р. Жемчужная. Проведенная в последние годы оценка загрязненности снежного покрова показала, что, по сравнению с данными проб 1980-х-1990х годов, загрязнение по меди и никелю значительно уменьшилось в 3-4 раза (были превышения в 8-12 раз, сейчас - в 2-3 раза выше фона). Тем не менее, выявлено загрязнение снежного покрова, связанного с деятельностью ГПК: в радиусе 1-3 км от АНОФ-2, АНОФ-3 и хвостохранилищ превышения фоновых значений по Sr составляют 4-7 раз, по фосфатам - в 10 раз, по сульфатам и фторидам - в 3 раза.

Влияние на водные экосистемы. Водные объекты, находящиеся в непосредственной близости к промышленным объектам, в частности реки, дренирующие промышленные площадки рудников, являются наглядным индикатором уровня сбрасываемых загрязняющих веществ, мониторинг которых должен проводиться постоянно. Загрязнители попадают в водоемы и водотоки вместе со сточными водами горнодобывающих предприятий, с выбросами пыли во время взрывов на рудниках и карьерах, недостаточно очищенными выбросами на фабриках, с пылением хвостохранилищ. Вредное воздействие промышленности испытывают и некоторые водные экосистемы: в окрестностях Хибин - озера Имандра, Умбозеро, Большой Вудъявр, река Белая за счет расположения в их пределах крупных хвостохранилищ АО «Апатит». Приоритетные загрязнители - молибден, свинец, фосфор, азот, никель, сульфаты.

Для всех рек в районе исследования характерно резкое увеличение концентраций загрязняющих веществ в отобранных пробах после промплощадок и после сброса недоочищенных вод из отстойников, а для некоторых рек и/или их участков, определяющим фактором загрязнения является поступление коммунальных вод из дренируемых ими городских поселений. Для всех исследованных водоемов, подверженных влиянию ГПК, характерно резкое увеличение концентраций загрязняющих веществ по

течению рек на протяжении 1-5 км после промплощадок и после сброса недоочищенных вод из отстойников. В водных объектах в окрестностях хвостохранилищ отмечается превышение фоновых концентраций и ПДК рыб.хоз. почти по всем анализируемым показателям, общая минерализация превышает фоновые значения в 10 раз. В реках Саамская, Юкспорррйок, Жемчужная отмечены высокие превышения по показателю общей токсичности – в р. Саамская более, чем в 10 раз, в р. Юкспорррйок и р. Жемчужная в 8-9 раз. Выявлено значительное превышение по фоновым значениям величины концентрации микроэлементов в месте сброса сточных вод с АНОФ-3– превышение по фосфатам почти в 7 раз, по железу в 20 раз, по хлору в 9 раз. Можно предположить, что превышения содержания Cu в 5-10 раз в водных объектах (по сравнению с данными середины 2000х годов), обусловлено, тем, что водотоки дренируют в последние годы горные породы вскрыши с высоким природным содержанием меди. Выявлено превышения ПДК р/х в пробах воды: - у пос. Титан и его окрестностей (как результат воздействия хвостохранилищ и АНОФ-3) по меди в 5 раз, по железу и фтору в 2-4 раза, по стронцию в 2 раза; - в г. Апатиты и его окрестностях (воздействие АНОФ-2, пыление хвостов) по меди в 8 раз, по железу, фосфатам и фтору в 3-10 раз, по стронцию в 2 раза; - у юго-западных предгорий Хибин у АНОФ-2 и в р. Белая по меди в 6 раз, по железу и фтору в 4 раза, по стронцию в 2-3 раза. Изменение качества состава вод в речных объектах по течению наглядно отслеживается по индексу ИЗВ: вода от *чистой* (в верхнем течении, принятом за фоновые значения) становится *загрязненной* (после поступления стоков с промплощадок рудников).

Влияние на почвенный покров. Работа горно-обогатительных предприятий по разработке и обогащению апатит- нефелиновых руд Хибинских месторождений обусловливает загрязнение ландшафта токсичными соединениями фтора, стронция и бария.

Последствия горной добычи проявляются в первую очередь в безвозвратном изъятии земель: площадь объектов ГПК составляет около 6 620 га. Исследования показали, что практически не подлежат рекультивации 2,2 % от общей площади горного массива (карьерно-отвальный комплекс).

Также не стоит забывать про *«эстетическое» загрязнение*, которое распространяется на значительно большую площадь по сравнению с территориями промышленных объектов и определяется возможностью визуального обзора. Постепенно идет ограничение доступа туристов ко многим уголкам Хибин в результате горных разработок, складирования вскрышных пород, образования хвостохранилищ.

Экологическая безопасность в горнодобывающей отрасли возможна только на базе комплексного решения проблем добычи и переработки минерального сырья, а рациональное освоение недр – их способности поддерживать в процессе освоения устойчивость биосферных процессов. Поэтому к предприятиям должно предъявляться требование воспроизводства экологического потенциала на всех этапах разведки и освоения недр и после вывода горного предприятия из эксплуатации.

Литература

1. *Евсеев А. В.* Антропогенные нарушения экосистем в Российской Арктике // Материалы XXV международной научно-практической конференции "Современные проблемы гуманитарных и естественных наук. — Научно-информационный издательский центр "Институт стратегических исследований" Москва, 2015. — С. 27–31.
2. *Душкова Д.О., Евсеев А.В.* Здоровье населения фонового и импактных районов Кольского полуострова / М-лы Всероссийской научной конференции с международным участием «Экологические проблемы северных регионов и пути их решения» (4-8 октября 2010 г.) – Апатиты, 2010, - с. 85-89.
3. *Душкова Д.О., Евсеев А.В.* Экология и здоровье: региональные исследования на Европейском Севере России. Москва, МГУ, 2011, – 192 с.
4. *Мельников Н.Н., Бусырев В.М.* Концепция ресурсосбалансированного освоения минерально-сырьевой базы/ Научно-технический журнал Минеральные ресурсы России: экономика и управление. № 2. Москва, 2005. – с. 58-64.
5. Официальный сайт Правительства Мурманской области http://www.gov-murman.ru , дата обращения: 2.10.2018.
6. Официальный сайт концерна «ФосАгро» https://www.phosagro.ru/, дата обращения: 2.10.2018.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КИМБЕРЛИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТРУБКИ «УДАЧНАЯ»

Л.А. Еланцева, С.В. Фоменко

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
308015, Россия, г. Белгород, ул. Победы, 85, e-mail: Elantseva@bsu.edu.ru

Введение. Исследование гидрогеологических особенностей кимберлитового месторождения трубки «Удачная» выполняется с целью изучения природных гидрогеологических условий месторождения и их всесторонней оценки как одного из основных факторов обводнения месторождения. Уникальные, не имеющие аналогов в отечественной и мировой практике криогидрогеологические, гидрогеологические и климатические условия изучаемого месторождения предопределяют ряд сложнейших проблем защиты подземного рудника от затопления.

Геолого-гидрогеологическая характеристика месторождения. Месторождение кимберлитовой трубки «Удачная» расположено на правобережье р. Далдына в центральной части ее бассейна. В геологическом строении месторождения принимают участие осадочные и магматические образования [2-3]. Вмещающие осадочные породы включают:

- архейские образования кристаллического фундамента, сложенные гранито-гнейсами и кварцито-гнейсами, вскрытой мощностью 170 м;
- протерозойские отложения доломитового состава мощностью около 160 м;
- палеозойские породы, представленные карбонатно-глинистыми отложениями кембрийской системы мощностью 2000-2600 м и образованиями нижнего отдела ордовикской системы мощностью до 300 м.

Трубка «Удачная» представляет собой столбообразную вертикальную залежь, которая ниже дна существующего карьера расчленяется на два конусообразных рудных тела – Западное и Восточное. Рудные тела в плане имеют эллипсовидную форму, несогласно залегают с вмещающими породами и сложены в основном автолитовыми кимберлитовыми брекчиями, в краевых частях отмечаются порфировые кимберлиты, реже - туфобрекчии.

Породы трапповой формации представлены интрузиями и дайками, в петрографическом отношении это долериты. Контакты трапповых тел с вмещающими породами четкие, резкие.

Коренная толща вмещающих пород и рудных залежей перекрыта четвертичными отложениями, представленными делювиальными, элювиальными и пролювиальными образованиями щебенисто-глыбового состава. В долинах рек развиты аллювиальные образования, сложенные в нижней части песчано-гравийно-галечным материалом, в верхней части – песками, супесями, илистыми суглинками, илами. Мощность рыхлых

отложений - от 1,5 до 10 м.

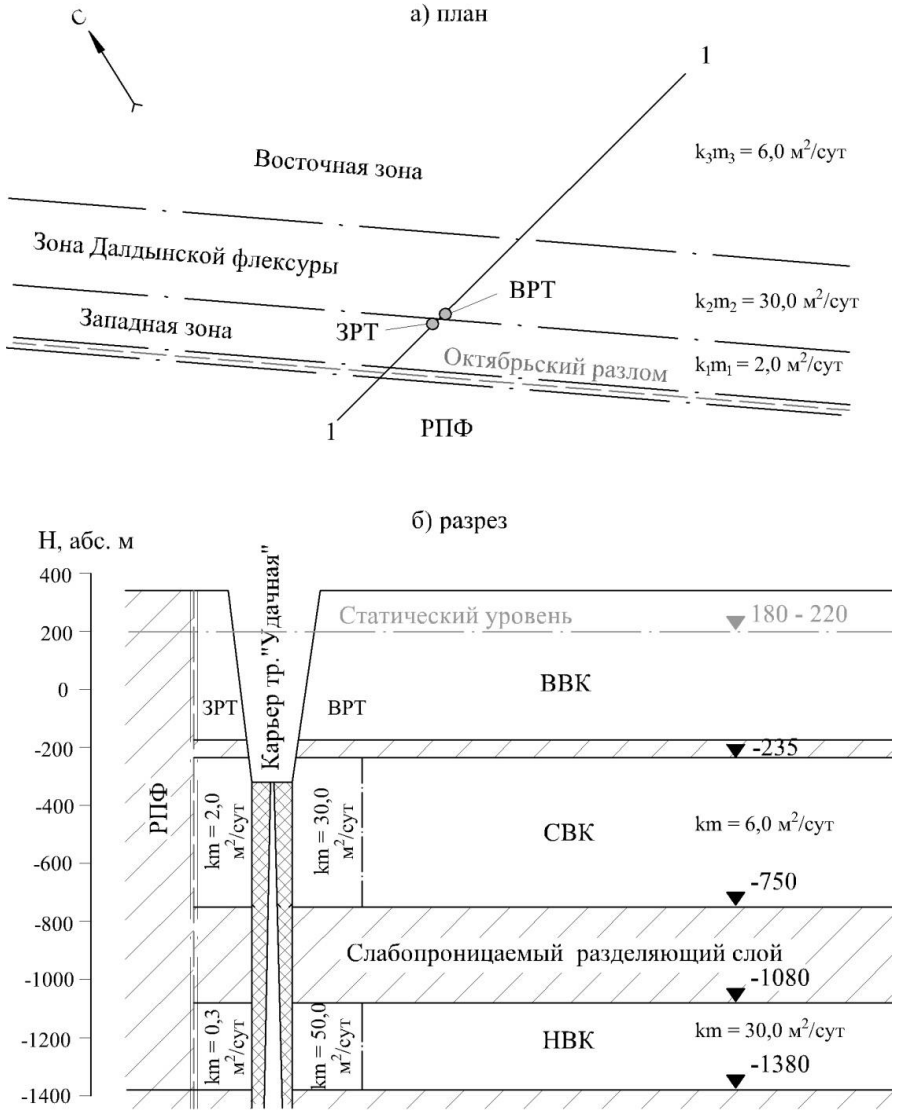
Многолетнемерзлые породы (ММП) района трубки «Удачная», имеющие сплошное распространение, залегают выше верхнекембрийского водоносного комплекса и представлены карбонатно-глинистыми отложениями моркокинской, реже мархинской свит, а на водоразделах – породами онхойюряхской и олдондинской свит нижнего ордовика. Подошва ММП в районе трубки залегает на абс. отметках от 100 до 180 м. Мощность ММП изменяется от 90-180 м (в долинах рек) до 100-350 м на водоразделах. Толща морозных безльдистых пород мощностью 10-60 м разделяет ММП и ВВК.

Подмерзлотные воды, распространенные в районе месторождения, представлены четырьмя водоносными комплексами [1-2]: верхнекембрийским, среднекембрийским, нижнекембрийским и верхнепротерозойским (рис.1-2).

Кроме того, в пределах месторождения выделяют обводненные зоны кимберлитов и траппов, которые характеризуются локальным распространением. Магматические образования рассматриваются как «гидравлические окна», через которые происходит сообщение между обводненными толщами пород.

Верхнекембрийский водоносный комплекс (ВВК) приурочен к пластам-коллекторам в отложениях мархинской и моркокинской свит, представленных тонким аритмичным переслаиванием мергелей, глинистых известняков, доломитов. Мощность комплекса водовмещающих пород составляет в среднем 370 м, суммарная эффективная мощность пластов-коллекторов достигает 52 м. Водонасыщенные коллекторы в основном имеют мощность от 0,2 до 2,2 м, лишь единичные из них достигают 8 м.

Характерной отличительной особенностью ВВК является малая водообильность и весьма низкие фильтрационные параметры: водопроводимость изменяется от 0,0003 до 0,03 $м^2$/сут, открытая пористость пород в среднем не превышает 7-14%. Подземные воды ВВК обладают незначительными напорами над кровлей (20-54 м), естественный пьезометрический уровень устанавливался на абс. отметках от 169 до 207,5 м. В настоящее время ВВК полностью вскрыт и существенно сдренирован карьером «Удачный».



РПФ - раннепалеозойская слабопроницаемая формация
ВВК - верхнекембрийский водоносный комплекс
СВК - среднекембрийский водоносный комплекс
НВК - нижнекембрийский водоносный комплекс
ВРТ - Восточное рудное тело
ЗРТ - Западное рудное тело

Рис. 1. Гидрогеологическая схема района месторождения трубки «Удачная».

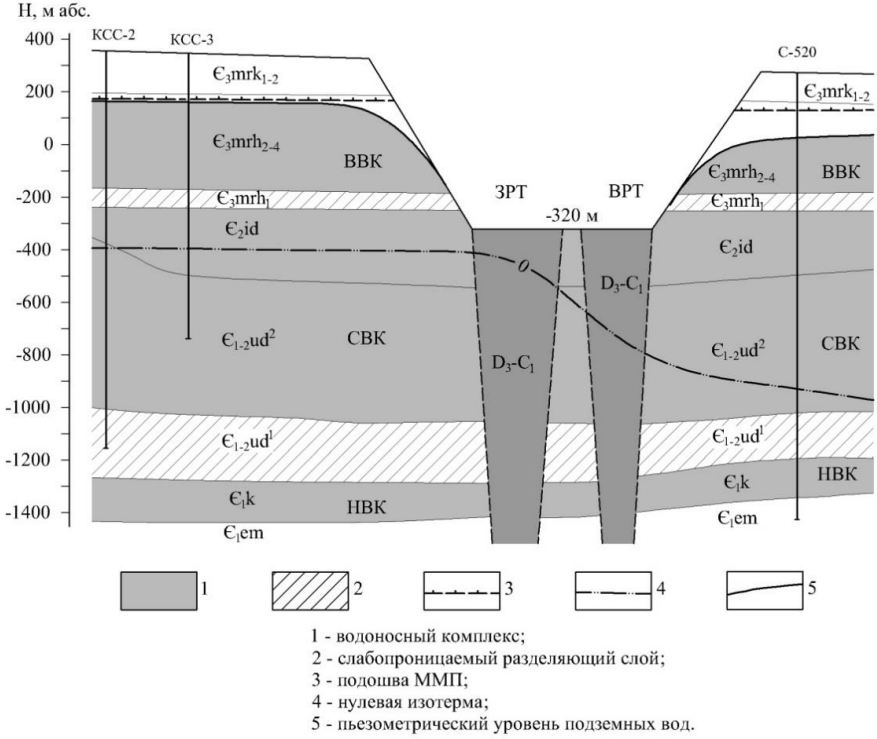


Рис. 2. Схематический криогидрогеологический разрез по трубке «Удачная».

Среднекембрийский водоносный комплекс (СВК) является основным источником обводнения месторождения, приурочен к переслаивающимся карбонатным отложениям известняково-доломитовой толщи и карбонатным отложениям верхней пачки удачнинской свиты. Общая мощность водовмещающих пород в районе месторождения составляет около 1000 м. Естественный пьезометрический уровень подземных вод устанавливался на отметках от 108 до 180 м абс., с напором над кровлей около 400 м. В разрезе СВК условно выделены два водоносных горизонта.

Первый водоносный горизонт распространен в карбонатных отложениях, приуроченных к пластам-коллекторам известняково-доломитовой толщи. Мощность водоносного горизонта колеблется от 10 до 480 м.

Средняя суммарная мощность коллекторов составляет 250 м, мощность отдельных проницаемых пластов изменяется от 0,1 до 8-10 м. Водоносный горизонт характеризуется невыдержанным распространением пластов-коллекторов в плане и разрезе, а также существенной неоднородностью фильтрационных параметров. Значения коэффициента водопроводимости изменяются от 0,02 до 87 $м^2$/сут, коэффициента пъезопроводности от $0{,}1\times10^3$ до 1×10^5 $м^2$/сут.

Второй водоносный горизонт выделен в рифовых кавернозно-трещиноватых известняках и доломитах верхней части удачнинской свиты, общей мощностью 450-500 м. Суммарная эффективная мощность пластов-коллекторов изменяется от первых метров до 12-15 м, водопроводимость – от 0,024 до 0,59 м^2/сут.

Максимальная мощность водоупорной пачки, разделяющей первый и второй горизонты, составляет около 300 м.

В целом СВК характеризуется наибольшей водообильностью и широким диапазоном изменения гидродинамических параметров. В разрезе СВК наиболее водообильным является первый водоносный горизонт. Гидродинамический режим СВК формируется в настоящее время под влиянием разгрузки подземных рассолов через водонасыщенные зоны толщи пород и рудные тела в забои карьера.

Нижнекембрийский водоносный комплекс (НВК) вскрыт ниже глубин 1350-1450 м и приурочен преимущественно к трещинно-кавернозным коллекторам в доломитах нижней пачки удачнинской свиты и окремненным пористо-кавернозным доломитам кумахской свиты. Суммарная эффективная мощность пластов-коллекторов достигает 90 м.

Верхнепротерозойский водоносный комплекс вскрыт в районе месторождения в интервале глубин 1810-1832,5 м и приурочен к карбонатно-глинистым окремненным отложениям старореченской свиты. В целом породы свиты можно рассматривать как водоупорные.

Обводненные зоны кимберлитов. В вертикальном разрезе рудных тел выделяют две обводненные зоны. Первая (верхняя) зона, обусловленная экзогенной трещиноватостью кимберлитов, в настоящее время полностью отработана и осушена карьером. Вторая обводненная зона, расположенная на глубинах от 350 до 1300 м (от 0 до -1080 м абс.), вскрыта карьером. При этом наблюдается закономерный рост водопритоков, поступающих из линейной криогидрогеологической структуры, называемой Далдынской флексурой.

В Восточном рудном теле (ВРТ) кровельная часть второй обводненной зоны приурочена преимущественно к трещиноватым порфировым кимберлитам. Ниже обводнение кимберлитового тела связано с неотектоническими разрывными дислокациями, имеющими узколокальный структурообразующий характер распространения. Водопроводимость кимберлитов кровельной части зоны составляла 30 м^2/сут, коэффициент пьезопроводности 10^5 м^2/сут, то есть параметры имеют те же значения, что и СВК в приосевой части Далдынской флексуры.

В Западном рудном теле вторая зона в большей части трубки характеризуется малой водообильностью и низкими значениями гидродинамических параметров (водопроводимость порядка 0,01-0,2 м^2/сут). Однако встречены локальные трещинные зоны, где водообильность относительно высокая (удельный дебит 0,74 м^3/ч/м). Пьезометрический уровень обводненной зоны имеет единую поверхность с пьезометрическим уровнем СВК, а также аналогичный химический состав и минерализацию рассолов.

Выводы

Анализ гидрогеологических условий района карьера трубки «Удачная» позволил сделать следующие выводы:

1. Среднекембрийский водоносный комплекс является основным источником обводнения рудных тел, характеризуется наибольшей водообильностью: водопроводимость до 87 $м^2$/сут, пьезопроводность до 1×10^5 $м^2$/сут.

2. Восточное рудное тело является наиболее обводненным, чем Западное рудное тело, приуроченное к зоне Далдынской флексуры, которая характеризуется повышенными фильтрационными свойствами водовмещающих пород.

3. Поступление в карьер подземных рассолов в горные выработки происходит из СВК, а также из НВК в основном через зоны дробления рудоконтролирующих разломов, трещиноватые кимберлиты и приконтактовые зоны рудных тел.

Литература

1. *Дроздов А.В., Иост Н.А., Лобанов В.В.* Криогидрогеология алмазных месторождений Западной Якутии. Иркутск, Изд-во ИГТУ, 2008.

2. *Колганов В.Ф., Акишев А.Н., А.В. Дроздов.* Геолого-геологические особенности коренных месторождений алмазов Якутии. Мирный, АК «АЛРОСА», ин-т «Якутнипроалмаз», 2013.

3. *Костровицкий С.И., Специус З.В., Яковлев Д.А., Фон-дер-Флаасс Г.С., Суворова Л.Ф., Богуш И.Н.* Атлас коренных месторождений алмазов Якутской кимберлитовой провинции. Мирный, МГТ, 2015.

ОСОБЕННОСТИ УГЛЕВОДОРОДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СУЛЬФАТНО-КАРБОНАТНЫХ КАРСТОВЫХ МАССИВОВ

В.Н. Катаев

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия, Пермь, ул. Букирева, 15, геологический факультет, кафедра динамической геологии и гидрогеологии. E-mail: kataev@psu.ru

Введение. Обеспечение эксплуатационной надежности технологических комплексов нефтедобычи находится в центре внимания не только недропользователей и ученых-геоэкологов, но и администраций субъектов Российской Федерации, органов охраны окружающей среды, общественности тех территорий, где расположены действующие и выведенные из эксплуатации месторождения нефти. Экологически безопасное развитие нефтедобывающих регионов может быть достигнуто при минимизации экологических рисков на всех этапах нефтедобычи: при проектировании, строительстве и эксплуатации нефтепромысловых объектов [9].

Особое внимание состоянию геологической среды должно быть уделено в «старых» районах нефтедобычи, эксплуатируемых с первой половины XX в., геологическое строение которых характеризуется наличием карстующихся пород в приповерхностной зоне или выходящих на земную поверхность. В таких районах негативное воздействие нефтепромыслового техногенеза зачастую фиксируется визуально уже на стадии выхода подземных вод с нефтяной пленкой на поверхность в русло поверхностного водотока.

Сложность фиксации нефтяного загрязнения подземных вод карстовых массивов на начальных стадиях обусловлена двумя факторами – структурой подземной трещинно-карстовой дренажной системы и особенностями гидродинамики карстовых массивов.

Наиболее общие особенности развития карста в карбонатно-сульфатной толще. В современной геолого-гидрогеологической обстановке развития сульфатно-карбонатных массивов оптимальные условия для развития форм подземного карста возникают в гидродинамической зоне изменений уровенного режима подземных вод, преимущественно на контактах сульфатных и карбонатных пачек и в трещинных зонах. Гидрогеологическая дифференциация верхней части разреза и водообильность трещинных зон усиливаются в районах неотектонической активности и особенно ярко проявляются в пределах локальных тектонических структур на фоне специфической блоково-дизъюнктивной структуры карстовых массивов [11, 12].

При переслаивании сульфатных (гипсовых, ангидритовых) и карбонатных (известняковых, доломитовых) пачек, характеризующихся различной механической прочностью, наблюдается несоответствие пространственной ориентировки трещинных зон по разрезу и их морфометрических значений. В

более жестких карбонатных слоях зоны системных (тектонических) трещин выражены четче, они более локализованы. Ширина трещинных зон в этих слоях варьирует в пределах 10-25 м. Трещинные зоны в менее жестких, сульфатных пачках, преимущественно в верхней части разреза более широкие, достигают 100 и более метров. Вертикальные размеры трещинных зон в массивах, сложенных переслаиванием сульфатных и карбонатных пачек, изменяются в широком диапазоне от 0,1 до 32 м при их среднем значении 3,5 м [14].

Трещинные зоны, локализующие сток трещинно-карстовых вод, как правило, гидрогеологически активны от поверхности массива до локального водоупора (карбонатной пачки, интервал развития ангидритов) или до глубин расположения коренного цоколя локальных эрозионных врезов. Ниже коренного ложа эрозионных врезов трещинные зоны могут не прослеживаться, степень блочности уменьшается и породы образуют единый нерасчлененный блок [13].

Строгая локализация разобщенных водотоков в трещинных зонах и их хорошая изоляция подтверждается тем, что скважины, пробуренные в непосредственной близости от них, ниже фиксируемого уровня подземного водотока могут быть сухими. Воды локализованных зон могут иметь напор, определяемый неоднородностью трещинной проницаемости – сменой фильтрационных характеристик трещинного коллектора зоны по потоку. В условиях слоистой сульфатно-карбонатной толщи, максимально обводнена первая от поверхности сульфатная пачка в её верхнем гидратированном слое. Ниже слоя гидратации в нижней части пачки ангидриты обводнены спорадически или могут быть сухими.

Скорости движения подземных локализованных потоков. Скорости фильтрации подземных вод в трещинных зонах зависят от емкостных свойств трещинно-карстового коллектора. В прибортовых зонах локальных эрозионных врезов скорости возрастают по направлению потока от истоковых частей к устьям карстово-эрозионных логов, достигая относительного максимум в основных дренах. В карстовых пещерах сульфатно-карбонатных массивов на открытых спрямленных участках локализованных потоков скорость течения воды достигает 0,3 м/с (25-26 км/сут), в то время, как в трещинных зонах с различной степенью извилистости и раскрытости трещин скорости подземного потока варьируют в интервале от 0,004 м/с (0,38 км/сут) до 0,007 м/с (0,65 км/сут), достигая на хорошо проницаемых участках 0,03 м/с (2,6-2,8 км/сут). Приведенные значения скоростей локализованных потоков подземных вод достаточно высоки, учитывая практически горизонтальное (1-2^{o}) залегание карстующихся пород [5]. Эти значения близки к скоростям движения локализованных потоков подземных вод в районах карбонатного карста, где они достигают 2,6-5,2 км/сут [3, 4].

Карстовые полости зоны активного водообмена. В пределах центральных частей тектонических блоков преимущественное гидрогеологическое значение для подземного стока имеют расширенные локальным растворением межпластовые трещины. Их вертикальные размеры

(раскрытость) изменяются от 0,1 до 0,5 реже 0,7 м преимущественно в местах расширения трещин растворением. Промытость межпластовых трещин увеличивается к периферии тектонических блоков в непосредственной близости от зон локализации подземного стока в системных трещинах. В зонах локализации подземного стока, где перемещение вод, так же как и в межпластовых пространствах субгоризонтально, преимущественное развитие получают каналовые и гротообразные полости, разделенные участками трещинной проницаемости. Иными словами, зоны локализации подземных вод имеют четкообразное строение по типу ***«полость-трещина-полость»***.

Полости, вскрываемые скважинами в зоне горизонтальной циркуляции трещинно-карстовых вод, часто обводнены, при этом только полости зон локализации подземного стока имеют практически круглогодичное обводнение, остальные - в многоводные периоды года. В меженные периоды карстовый массив максимально сдренирован.

Вертикальные размеры полостей, вскрываемых скважинами, изменяются в широких пределах от долей метра до первых десятков метров. Статистическое обобщение сведений о размерах более чем 1000 карстовых полостей в районах развития сульфатного и карбонатно-сульфатного карста Пермского края свидетельствует о том, что вертикальные размеры полостей изменяются от 0,1м до 18 м при их среднем значении 1,9 м [14].

Причины нефтяного загрязнения в карстовых районах. Нефтяные загрязнения по причинам возникновения подразделяются на природные глубинные и техногенные глубинные и поверхностные [2, 9, 13].

Техногенные поверхностные связаны с нарушением правил добычи и транспортировки нефти (разлив нефти при порывах нефтепроводов, неисправности оборудования устьев скважин, подземном ремонте скважин, технологических установок сбора и подготовки нефти); сброс нефти и нефтепродуктов на закарстованную поверхность (в карстовые лога, воронки) при производстве ремонтных и ликвидационных работ на эксплуатационных скважинах, переводе эксплуатационных скважин с нефти на газ.

Техногенные глубинные связаны с созданием высоких давлений при закачке воды в продуктивные пласты, с нарушением герметичности скважин – некачественной цементацией в нагнетательных скважинах (прорывы колонн и нарушения цементного кольца) и, как следствие миграция нефти за счет выдавливания из недр по трещинным приразломным зонам, заколонным пространствам скважин через перекрывающие породы.

Природные глубинные факторы обусловлены гидродинамическими эффектами в земной коре и сводятся к прямой восходящей фильтрации флюидов из продуктивных горизонтов по зонам субвертикальной дизъюнктивной нарушенности, активизированной в неоген-четвертичное время, в основном за счет разницы в давлении на глубинах и в приповерхностой части. Вертикальная проницаемость толщи, перекрывающей продуктивные горизонты, обеспечивает гравитационное всплывание нефти до уровня верхних водоносных горизонтов и накапливания её в трещинно-карстовых коллекторах.

Загрязнение карстовых массивов с поверхности. Причиной загрязнения карстовых массивов с поверхности является их высокая природная проницаемость и, как правило, низкая естественная защищенность подземных трещинно-каверновых (трещинно-карстовых) вод, как с поверхности массива, так и с нижней части разреза особенно в зонах дизъюнктивов, обеспечивающих вертикальные локализованные перетоки вод относительно глубоких водоносных горизонтов через нарушенные флюидоупоры.

Характерной чертой районов распространения карбонатно-сульфатного и сульфатно-карбонатного карста в Пермском крае является наличие на ограниченных территориях разных типов карста и, естественно, разной степени естественной защищенности вод приповерхностной зоны.

Подземные воды массивов карстующихся пород не защищены от загрязнения и по причине широкого развития многочисленных поверхностных форм карста, по сути, в гидрогеологическом плане выполняющих функции локализации и перевода поверхностного водного стока в подземный. Как правило, на поверхности развиты воронки различных генетических типов, в том числе и провальные, карстово-эрозионные лога, рвы и слепые мешкообразные долины. Поверхностный сток поглощается через трещинные и каналообразные поноры на дне воронок и логов, отдельные карстовые каналы, расширенные растворением трещины и карры.

Практически при любом варианте строения покровов карстующиеся породы не защищены с поверхности от любого типа загрязнения, включая и поступления в них углеводородов при авариях на продуктонефтепроводах, при производстве ремонтных, ликвидационных и иных работ.

Ситуация с нефтяным загрязнением усугубляется отсутствием технологий предупреждения, а не ликвидации нефтепроявлений в пресных подземных водах. В основном, в местах выхода подземных вод, загрязненных нефтью, используется технология сбора нефтесодержащих вод уже вышедших на поверхность в сооружениях ловушечного типа. Нефть с поверхности ловушки собирается во временные резервуары и транспортируется для дальнейшего использования в технологических целях. Несомненно, используемый комплекс геоэкологических работ, направленных на поиск, геометризацию и ликвидацию проявлений нефтепромыслового техногенеза в приповерхностной части геологической среды, совершенствуется и его эффективность повышается за счет современных информационных технологий, но этого в современной экологической ситуации на «старых» месторождениях уже недостаточно [8].

Особенности миграции компонентов глубинных пластовых флюидов. Теория естественной вертикальной миграции глубинных пластовых флюидов на сегодняшний день поддерживается многими исследователями флюидодинамики. Более того, если раньше считалось, что вертикальная (внерезервуарная, межформационная) миграция нефти в основном совершается по крупным разломам и нарушениям, то впоследствии экспериментальным путем была доказана возможность перемещения

углеводородов и через слабопроницаемые покрышки перпендикулярно к напластованию пород без разрыва их сплошности [1].

Как правило, в толще отложений в пределах нефтегазовых месторождений имеются трещинные зоны, приуроченные к тектоническим дизъюнктивам субвертикальной ориентировки, по которым теоретически возможна естественная вертикальная восходящая миграция компонентов глубинных пластовых флюидов из нижних продуктивных горизонтов в приповерхностную гидросферу. Данное предположение, например, косвенно подтверждается анализом нефтепромысловых данных о пятнах нефти в артинских известняках на глубинах 160-165м, по некоторым структурно-поисковым скважинам [9]. Нарушение флюидоупоров на всю наднефтяную толщу горных пород в зонах разломов, несомненно, затрагивает и карбонатно-сульфатную толщу пород иренского горизонта, её приповерхностную зону (зону «активного водообмена» в гидрогеологической терминологии) с гидрогеологически активными карстовыми полостями и расширенными растворением трещинами [2].

Попадая в зону влияния гидродинамического режима карстового массива (зону активного водообмена), компоненты пластовых флюидов могут быть захвачены потоками гидродинамической зоны горизонтальной циркуляции, развивающейся на уровне локального базиса эрозии, а при смене уровенного режима в различные сезоны года пластовые флюиды могут проникать и в переходную зону (зону сезонного изменения уровня подземных вод). Воды обеих зон разгружаются в эрозионных врезах (карстово-эрозионных логах, долинах рек) в виде родников или высачивания на разных высотных отметках приподошвенной части врезов в зависимости от положения уровня подземных вод.

Скважинная нефтедобыча на месторождениях с длительной эксплуатационной историей часто сопровождается определенными экологическими проблемами. Предполагается, что одной из причин восходящего движения глубинных трещинно-карстовых вод к поверхности, например, в пределах Кокуйского месторождения с глубин 1200-1600 м (от каменноугольных карбонатов через нижнепермские карбонаты до сульфатно-карбонатной толщи кунгурского яруса) могла быть закачка вод в продуктивные горизонты при разработке месторождения. Одной из проблем, связанных как с вертикальной миграцией флюидов, так и с загрязнением с поверхности является формирование углеводородных газов, рассолов и жидких углеводородов в виде техногенных залежей в приповерхностной зоне массива горных пород. Углеводородные газы при определенных условиях – наличии в перекрывающих отложениях слабопроницаемых слоев, могут проявляться в массиве выше эрозионных врезов. Жидкие углеводороды и рассолы могут скапливаться в трещинах и карстовых полостях, являясь источником длительного проявления нефтепродуктов в пресных подземных водах. Находясь длительное время в зоне гипергенеза (зона выветривания преимущественно аэробные условия в зоне активного водообмена и частично в анаэробной обстановке в зоне замедленного водообмена) нефть преобразуется и теряет геохимические маркеры, характерные для «свежего»

нефтяного загрязнения. При этом в подземных водах при низкой концентрации нефтепродуктов высокая концентрация хлоридов может сохраняться в течение нескольких десятков лет [7, 9].

Подобные явления в виде линз углеводородов были зафиксированы при площадной съемке методом ВЭЗ в районе «суходола» р. Тураевка (Кокуйское месторождение) на глубинах 50-60м, на уровне залегания трещинно-карстовых вод [6]. С 70-х годов XX в. фиксируется разгрузка нефтепродуктов в Камское водохранилище на Полазненском месторождении. Исследованиями установлено, что линза нефти мощностью до 3 м залегает на поверхности трещинно-карстовых вод. По составу нефть близка к нефти разрабатываемой Яснополянской залежи, но окисленная и утратившая бензиновые фракции и высокомолекулярные парафиновые углеводороды [10].

Литература

1. *Ботиева Т.А.* Генетические основы классификации нефтей. М.: Недра, 1987. -196с.
2. *Быков В.Н.* Нефтегазовое карстоведение.- Пермь: Изд-во Перм. Ун-та, 2002. 351с.
3. *Дублянский В.Н.* Карстовые пещеры и шахты Горного Крыма. Л.: Наука, 1977. 181с.
4. *Дублянский В.Н., Кикнадзе Т.З.* Гидрогеология карста Альпийской складчатой области юга СССР. М.:Наука,1984.125с.
5. *Катаев В.Н.* Гидрогеологические условия Красноясыльского полигона: типы вод, водопроявления и их химизм // Гидрогеология и карстоведение: Межвуз. сб. науч. тр. / Перм. ун-т. Пермь, 2000. Вып. 13. С. 127-136.
6. *Колесников В.П., Костарев С.М., Татаркин А.В.* Применение методов и технологий электрометрии для поиска и геометризации техногенных скоплений флюидов в приповерхностной части геологической среды // *Экологическая реабилитация промышленных производств и территорий.* Сб. статей ФГУП МНИИЭКО ТЭК. Пермь. 2005. С. 288-301.
7. *Костарев С.М.* Формирование техногенных скоплений компонентов глубинных флюидов в приповерхностных массивах горных пород (на примере районов нефтедобычи Пермской области) // *Известия ВУЗов. Нефть и газ.* № 5, 2004. С. 132-143.
8. *Костарев С.М.* Методы поиска техногенных скоплений флюидов в верхней части геологической среды нефтяных месторождений Пермского Прикамья // *Геоэкология.* № 6, 2005. С. 552-559.
9. *Костарев С.М.* Особенности нефтепромыслового загрязнения геологической среды карстовых районов Пермского края // материалы Международного симпозиума «Экологическая безопасность и строительство в карстовых районах», Россия, Пермь, 26-29 мая 2015г. / Под ред. В.Н. Катаева, Д.Р. Золотарева, С.В. Щербакова, А.В. Шиловой; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2015. С. 317-322.
10. *Максимович Н.Г., Мещерякова О.Ю.* Методы борьбы с нефтяным загрязнением на закарстованных берегах водохранилищ /Экология урбанизированных территорий, №4, 2009. – С.55-58.
11. *Михайлов Г.К., Тюрина И.М., Булдаков Б.А.* Удельный приток карстовых вод в дрены, как показатель структурно-тектонических условий // Карст Урала и Приуралья. Пермь, 1968. С.42 – 45.
12. *Михайлов Г.К., Оборин А.А.* Подземная кладовая пресных вод Сылвенского кряжа / УрО РАН; Перм. гос.унт.- Пермь, 2006. -154с.:ил.
13. *Оборин А.А., Хмурчик В.Т., Иларионов С.А., Маркарова М.Ю., Назаров А.В.* Нефтезагрязненные биогеоценозы (Процессы образования, научные основы восстановления, медико-экологические проблемы) / УрО РАН; Перм. гос. ун-т; Перм. гос. техн. ун-т. –Пермь, 2008. -511с.: ил.
14. *Щербаков С.В., Катаев В.Н.* К оценке морфометрических характеристик карстовых форм // Инженерная геология, 2013, №1. С.14-22.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛОВОЗЕРСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

А.Д. Мазурова, Е.Л. Воробьевская, Н.Б. Седова, М.Н. Цымбал

Географический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, г.Москва.
E-mail: anfisa_90@mail.ru, nsedova@mail.ru

Добыча и переработка минерального сырья является одной из ведущих отраслей экономики России. Разработка месторождений полезных ископаемых оказывает существенное влияние на состояние природной среды.

ЗАО «Ловозерская горно-обогатительная компания» («ЛГОК») расположена в центральной части Кольского полуострова, на территории Ловозерского района Мурманской области. ЗАО «ЛГОК» представлено единственным в России горно-добывающим и горно-обогатительным промышленным комплексом, ведущим добычу и переработку тантал-ниобиевых руд и редкоземельного сырья для получения лопаритового концентрата - основы для производства редких (тантал, ниобий) и редкоземельных металлов (иттрий, скандий, лантаноиды), находящих применение в самолетостроении, ракетостроении, оборонной промышленности, приборостроении. В лопаритовых рудах Ловозерских гор содержится крупнейший в мире комплекс редких и редкоземельных металлов. Месторождения разрабатываются в окрестностях гор Карнасурт и Аллуайв. Руды также содержат также иттрий, стронций (на настоящий момент, стронций не извлекается). Предприятие работает на запасах Ловозерского месторождения, включающего в себя 12 рудных участков, из которых один частично разрабатывается, а на двух других практически приостановлена разработка (76% запасов); остальные участки (24%) относятся к резервным. Чинглусуайское месторождение, располагающее запасами эвдиалитовых и лопаритовых руд, на настоящий момент не разрабатывается. Запасы лопаритовых руд в разведанных месторождениях велики, действующие подземные рудники обеспечены запасами на 55-100 лет и более [1]. ЗАО «ЛГОК» объединяет два горно-обогатительных комплекса: Умбозерский и Карнасуртский на базе подземных рудников «Карнасурт» и «Умбозеро». В 2005 году предприятием получены лицензии на добычу и переработку лопаритовых руд участков Карнасурт и Кедыквырпахк Ловозерского месторождения. В состав предприятия входят рудник "Карнасурт" и одноименная обогатительная фабрика Находящиеся ранее в эксплуатации рудник "Умбозеро" и Умбозерская обогатительная фабрика в настоящее время законсервированы на неопределенное время.

Одним из основных видов воздействий ЛГОКа на природную среду является «физическое» воздействие - отчуждение и нарушение земной

поверхности, образование подземных и карьерных пустот. Для ЗАО «ЛГОК» это в первую очередь подземный рудник "Карнасурт": общий объем подземных пустот - 7 млн.м^3, годовое приращение - 200 тыс. м^3, объем единичных незакрепленных камер порядка 5100-6000 м^3 (60х100 м при высоте 1-1,5 м). Подземный рудник " Умбозеро": общий объем подземных пустот - 1,3 млн.м^3, годовое приращение - 150-200 тыс. м^3, объем единичных незакрепленных камер порядка 6500 м^3 (80х20 м при высоте 3-5 м) [2]. С деятельностью «ЛГОК» связано загрязнение поверхностных и грунтовых вод в результате сбросов недоочищенных вод с предприятия. Загрязнение проявляется также в результате антропогенных выбросов в атмосферу в результате добычи руды, а также - как результат пыления незакрепленного хвостохранилища, расположенного вдоль реки Сергевань, несущей воды в рыбопромысловый водоем – озеро Ловозеро, расположенное всего в 20 км от промплощадки. В 10 км от хвостохранилища расположен поселок Ревда, который также подвержен негативным последствиям пыления. Основные «местные» загрязнители: радионуклиды, железо, марганец, стронций, диоксид азота, диоксид серы, диоксид углерода.

Для выявления техногенного загрязнения на разном удалении от промышленных площадок ЗАО «ЛГОК» во время полевых маршрутов в заранее намеченных точках проводились комплексные описания ключевых участков, включающие характеристику природных особенностей и природопользования, характер и степень антропогенного воздействия, а также отбор проб снега, воды, почв. С помощью дозиметра на каждой точке фиксировался радиационный фон местности. Данные по дозиметру в окрестностях промплощадок составили от 35 до 42 мкР/час. Также принималось во внимание, что экологическая обстановка в окрестностях предприятия может определяться как местными источниками загрязнения, так и находящимися за пределами Ловозерского горного массива, например, Мончегорского медно-никелевого комбината и Оленегорского ГОК. После отбора, пробы подвергались первичной обработке на Хибинской учебно-научной базе МГУ. Последующий анализ проводился в эколого-аналитической лаборатории кафедры рационального природопользования, в лаборатории атомной абсорбции кафедры почвоведения, а также в лаборатории радиоэкологических и радиационных проблем института Физической химии им. А.Н. Фрункина РАН (анализ на содержание радионуклидов с использованием радиометрического метода). Полученные результаты анализов проб снега (снеговой воды, почв) сравнивались с выбранными фоновыми значениями (в юго-восточных предгорьях Ловозерского горного массива, на равнине в устье реки Цага и в устье реки Сара, на о. Волшебный (Ловозерье). Результаты исследований показали, что на изучаемой территории значения суммарного показателя загрязнения тяжелыми металлами незначительны.

В ходе проведенных исследований были отобраны пробы воды: в озере Ловозеро, в окрестностях Ловозерского ГОКа, в реке Сергевань, в озере Ильма, и в заливе озера Имандра, к которому примыкает борт хвостохранилища АНОФ-2. Общая ситуация с загрязнением водных объектов

на всей территории исследования оценивалась по уровню загрязнения поверхностных вод по значениям суммарного показателя загрязнения Zc по показателям Cu, Zn, Ni. В отобранных пробах воды превышения ПДК обнаружены только в окрестностях Ловозерского ГОКа. В воде характерными для Ловозерского ГОКа загрязняющими веществами являются фториды, тяжелые металлы.

Результаты исследований нашли отражение на составленных картах, диаграммах. Некоторые из них приведены ниже (рис.1-3).

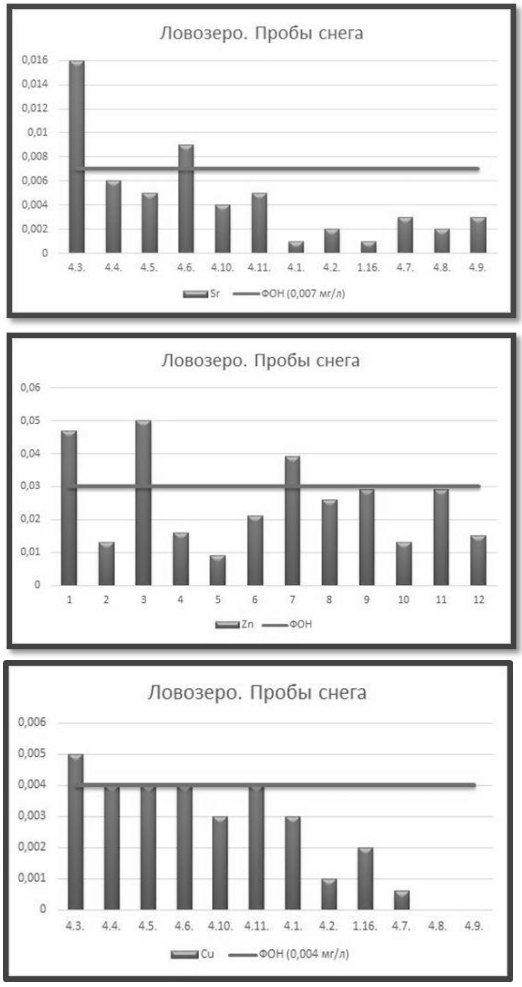


Рис.1. Содержание Sr, Zn, Cu в снеговой воде.

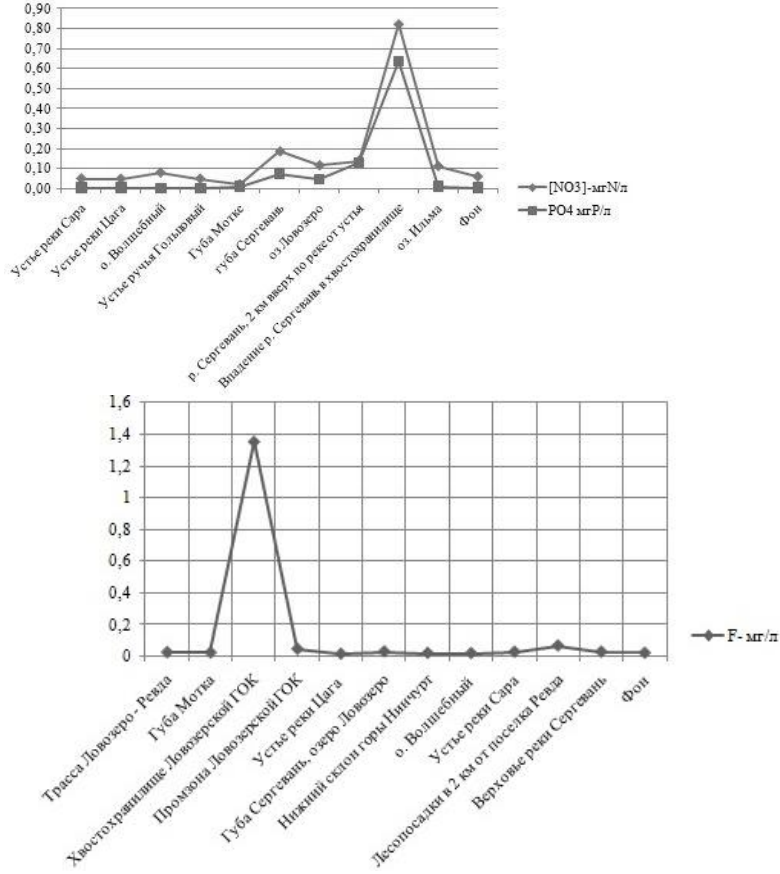
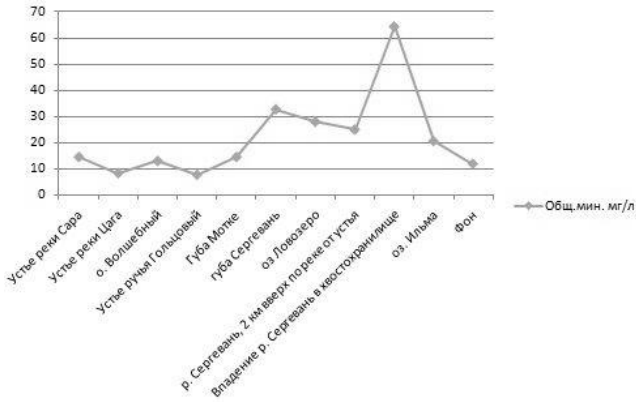


Рис. 2. Содержание NO^3, $P_{мин}$, F в снеговой воде.



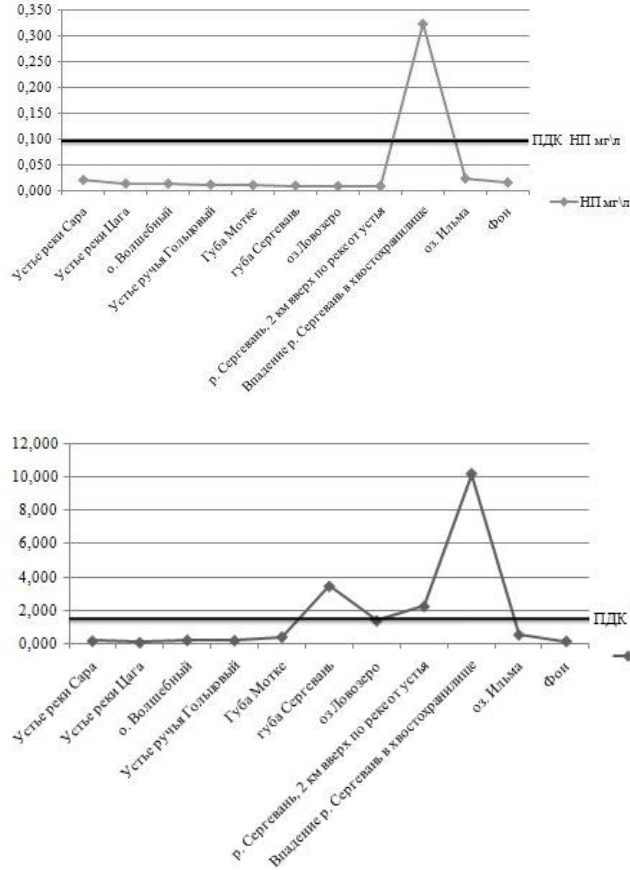


Рис.3. Результаты анализов проб воды по ряду показателей.

На основании проведенных исследований можно сказать следующее. В районе Ловозерском районе максимальное загрязнение связано с деятельностью промышленного объекта - рудника Карнасурт. Максимальные загрязнения обнаружены вблизи нерекультивируемого хвостохранилища, расположенного вдоль реки Сергевань. Было выявлено значительное загрязнение в результате сброса недостаточно очищенных рудничных вод в озеро Ильма, а также - в реке Сергевань, как результат пыления незакрепленных «хвостов» и сбросов недостаточно очищенных рудничных вод. Зона аэротехногенного загрязнения частично вытянута вдоль северных предгорий и нижних частей склонов Ловозерских гор, максимально загрязнены нижние части склонов гор Карнасурт и Ангвундасчорр. В большей степени загрязнена долина реки Сергевань: примерно на расстоянии 20 км на восток от промплощадки комбината и пылящих «хвостов». Также зона аэротехногенного загрязнения частично захватывает северную часть поселка Ревда. Анализ проб выявил в данной зоне повышенное относительно

фоновых участков содержание радионуклидов и ряда других загрязняющих веществ. Максимальный радиационный фон, не связанный с выходом горных пород на поверхность, наблюдается на нерекультивируемом хвостохранилище предприятия Ловозерский ГОК, расположенных вблизи озера Ильма вдоль верхнего течения реки Сергевань в северной части предгорий Луяврурта.

Анализ отобранных проб на содержание загрязняющих веществ, в том числе, тяжелых металлов, показал, что южные и частично юго-восточные предгорья Луяврурта, юго-восточное побережье и прилегающие к нему территории озера Ловозеро в настоящее время не испытывают сильную антропогенную нагрузку и могут выступать как фоновые для последующих анализов качества окружающей среды, особенно, в случае изменения в структуре природопользования. Полученные данные могут служить для дальнейших мониторинговых исследований в этом районе.

Литература

1. Геология рудных районов Мурманской области / Пожиленко В.И., Гавриленко Б.В., Жиров Д.В., Жабин С.В. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2009. – 359 с.
2. Промышленные предприятия России http://ibprom.ru/lovozerskiy-gok.

ВЛИЯНИЕ ПОДЗЕМНОГО ЗАХОРОНЕНИЯ ДРЕНАЖНЫХ РАССОЛОВ АЛМАЗОНОСНОЙ ТРУБКИ УДАЧНАЯ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

В.Н. Макаров, Н.В. Торговкин

Институт мерзлотоведения СО РАН, г. Якутск. E-mail: Makarov@mpi.ysn.ru

Трубка Удачная - наиболее крупное месторождений алмазов в России - расположена в Далдыно-Алакитском алмазоносном районе. Месторождение отрабатывается открытым способом с 1982 г., а с июня 2014 г. начал работать подземный рудник. По масштабам воздействия на окружающую среду трубка не имеет себе равных на севере Якутской алмазоносной провинции. К настоящему времени верхняя часть кимберлитового тела вскрыта горными работами до глубины 640 м. Отработка трубки Удачная с 1983 г. ведется в условиях поступления в карьер дренажных вод, представляющих собой крепкие рассолы с высоким содержанием токсичных элементов (табл. 1), концентрация которых может на 2-3 порядка превышать уровень ПДК.

Таблица 1

Содержание химических компонентов в дренажных рассолах трубки Удачная

Компоненты	Содержание, мг/л	Компоненты	Содержание, мг/л
pH	5,61	Li	90,5
Eh, мВ	473	Sr	818,97
Ca^{2+}	77 938	Ba	2,0
Mg^{2+}	11 468	Br	6000
Na^{+}	28 527	Cd	0,044
K^{+}	16 289	Hg	0,2
NH_4^{+}	266,1	Pb	2,5
SO_4^{2-}	246,8	Tl	0,02
Cl^{-}	295 533	As	0,74
NO_3^{-}	88,6	Rb	10
HCO_3^{-}	406,4	Минерализация	431 470
Формула Курлова	Cl 99,9 S 0,1 ---------- Ca 60 Na 19 Mg 15 K 6		

Захоронение карьерных вод осуществлялось до 2002 г. в Октябрьский, затем в Киенгский полигоны, а в настоящее время - в полигон Левобережный (рис. 1).

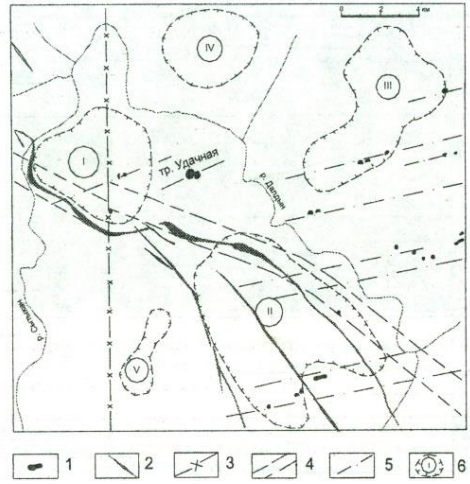


Рис. 1. Действующие (I- III) и планируемые (IV- V) полигоны захоронения дренажных рассолов. 1 – трубка Удачная; 2 – дайки долеритов; 3 – Силигиро-Мархинский разлом фундамента; 4 – Октябрьский разлом; 5 - тектонические нарушения; 6 - полигоны захоронения рассолов: I - Октябрьский, II - Киенгский, III - Левобережный, IV - Северный, V - Чужой.

Киенгский полигон в постоянном режиме был введен в эксплуатацию в 2001 г. Полигон расположен в 5 км юго-восточнее трубки Удачная. По данным Удачнинского ГОКа к концу 2008 г. общий объём сброшенных рассолов составил около 6 млн. $м^3$, а их минерализация 300-350 г/л.

Бассейн реки Далдын, дренирующей территорию трубки Удачная, представляет собой региональную природную геохимическую аномалию, формирование которой связано с процессами развития Далдынского кимберлитового поля, внедрением пород трапповой формации и существованием нижнепалеозойских высокоминерализованных водоносных комплексов.

Эколого-геохимические особенности района трубки Удачная определяются природными факторами: химическим составом рудного тела - кимберлитов, слагающих субвертикальные рудные столбы, и вмещающих отложений, представленных карбонатными и терригенно-карбонатными породами кембрия, ордовика и силура, пластовыми телами долеритов и четвертичными суглинками, песками, галечниками, и активным техногенным преобразованием окружающей среды [2, 4].

Непосредственно в районе деятельности Удачнинского ГОКа на междуречье нижнего течения рек Сытыкан - Далдын в результате интенсивного техногенного давления на водные системы, сформировалась крупная гидрогеохимическая аномалия, занимающая площадь около 120 $км^2$ - 11х11 км. В её пределах поверхностные и надмерзлотные воды обогащены широким кругом макро- и микрокомпонентов: Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cl^-, NH_4^+, Sr, Li, Mn, Br. Обводненность месторождения токсичными

рассолами оказывает воздействие на экологическую обстановку на территориях, прилегающих к Удачнинскому ГОКу.

Пактически в центральной части данной гидрогеохимической аномалии располагаются Октябрьский и Киенгский полигоны захоронения дренажных рассолов. Оценка уровня химического загрязнения природных вод в этом районе показала высокую степень загрязнения поверхностных и грунтовых вод на площадках гидрогеологических скважин, вскрывших подземные рассолы, вблизи хвостохранилищ и отвалов карьера трубки Удачная. Максимальная аномальность природных вод характерна для комплекса Br-Li-Sr-Mn, обладающего высокой степенью токсичности. Загрязнение р. Далдын рядом микроэлементов - Br и F, в меньшей степени - Li, Sr, Cu, Zn отмечается на протяжении 4-4,5 км от промышленных объектов, что является следствием высокой степени техногенного давления инфраструктуры Удачнинского ГОКа на водные системы.

На правом берегу реки Далдын, в юго-западной части полигона закачки дренажных рассолов «Киенг», была зафиксирована разгрузка подземных вод. Место разгрузки рассолов представляет собой ряд мелких нисходящих потоков, сливающихся в единое русло с дебитом около 9-10 л/с (32,4-36 $м^3$/час), и один крупный грифон в уже сформированном нисходящими потоками русле. Диаметр грифона составляет 60-65 см, дебит 7-9 л/с. Наблюдается также мощный поток, выходящий под уступом террасы, из трещины торфянистого покрова. Дебит его составил 25 л/с (90 $м^3$/час). Растительный покров в районе выхода подземных вод на поверхность практически весь погиб. Основная часть лесного массива, представляет собой редкие сухие лиственницы. Протяженность площади погибшей растительности вдоль правого берега реки 600 м, ширина, от подножья террасы в сторону реки Далдын, составляет 190 м. По химическому составу вода источника хлоридная магниево-кальциевая с минерализацией 121,7 г/л.

В русле ручья, сформированном минерализованными водами, в некоторых местах наблюдаются застойные места с водой оранжевого и светло зеленоватого цвета. Минерализация воды в этих скоплениях очень высокая и изменяется от 20 г/л (скопления зеленого цвета), до 41 г/л (скопления оранжевого цвета).

Источник рассолов возник в результате аварийного сброса дренажных рассолов Удачнинского ГОКа захороненных на полигоне Киенгский. Неконтролируемый сброс дренажных рассолов объясняется растворением подземного льда рассолами на полигоне захоронения. При взаимодействии рассолов со льдом при отрицательной температуре может быть полное или частичное плавление льда, опреснение и стратификация жидкой фазы по плотности, образование «вторичного» солоноватого льда, восстановление проницаемости мерзлых литифицированных горных пород, формирование протяженных таликовых зон [1].

Величина минерализации в воде реки Далдын, отобранной выше по течению города Удачный, составляет 278 мг/л. По химическому составу вода гидрокарбонатная магниево-кальциевая. В ионном составе преобладают гидрокарбонаты, содержание которых изменяется от 150 до 200 мг/л. В

катионном составе основным ионом является кальций (30-40 мг/л). Величина pH изменяется от слабокислой до слабощелочной – 6,0-7,5. В период весеннего половодья минерализация воды понижается до минимальных значений – 105-107 мг/л, в период летних паводков возрастает до 280-320 мг/л, а в летнюю межень достигает 380 мг/л. Минерализация вод реки ниже города составляет 405 мг/л, а после впадения в русло источника минерализованных вод составляет 652 мг/л. В реке Далдын ниже по течению от источника минерализованных вод до устья, минерализация не понижается ниже 621 мг/л, а в зимнее время достигает 9-10 г/л, что свидетельствует о существенном влиянии техногенного фактора на химический состав водотока.

Для сравнения химического состава воды источника с исходным дренажным рассолом, закачиваемым в подземные полигоны захоронения, была исследована вода на насосной станции в карьере «Удачный». По химическому составу дренажные рассолы хлоридно-кальциевые с минерализацией 431,5 г/л (табл. 1). Уменьшение минерализация воды источника по сравнению с дренажными водами связано с растворением подземного льда рассолами на полигоне захоронения.

Сходство химического состава этих вод свидетельствует о наличии гидравлической связи между водами источника и водами Киенгского полигона подземного захоронения дренажных рассолов.

Под воздействием инфраструктуры Удачнинского ГОКа (хвостохранилища, отвалы карьера, дренажные рассолы) природный гидрокарбонатно-кальциевый состав воды р. Далдын (в 1956-1966 гг.) в результате многолетней (около 40 лет) техногенной метаморфизации химического состава изменился на хлоридный магниево-кальциевый (рис. 2).

Сток техногенно-метаморфизованной загрязненной воды р. Далдан влияет на изменение химического состава воды реки Марха (крупного левого притока р. Вилюй). В фоновой пробе, отобранной из р. Мархи выше устья реки Далдын, минерализация воды равна 108 мг/л, химический состав гидрокарбонатный магниево-кальциевый. Ниже устья р. Далдын тип химического состава воды р. Марха изменяется на гидрокарбонатно-хлоридный магниево-кальциевый, а минерализация увеличивается до 400 мг/л. Минерализация воды в р. Марха в 20 км ниже устья р. Далдын составляет 709, а в с. Шологонцы (в 94 км ниже устья) 557 мг/л, при преобладании в солевом составе хлоридов. В то время как до момента интенсивного поступления техногенных рассолов в речную систему, минерализация воды в р.Марха в селах Шологонцы, Чумпурук и Малыкай в летнюю межень составляла 73-140 мг/л [3].

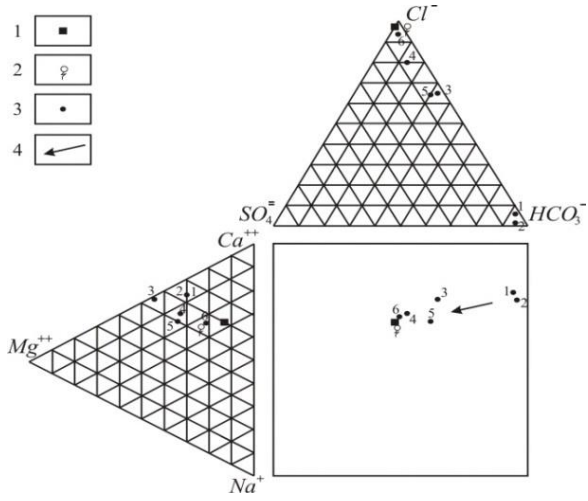


Рис. 2. Техногенная метаморфизация химического состава воды в устье р. Далдын. 1 – дренажные рассолы трубки Удачная; 2 – источник рассолов; 3 – р. Далдын: 1 – 1956, 2 – 1966, 3 - 2012, 4 - 2013, 5 - 2014, 6 – 2014 г.; 4 – направление техногенной метаморфизации воды р. Далдын.

Влияние техногенного загрязнения на естественные экосистемы в бассейне р.Марха будет наблюдаться до снижения концентрации токсичных компонентов рассолов на природный уровень. Это может произойти на удалении 350-400 км ниже от устья р. Далдын, примерно в районе впадения р. Мархара в р.Марха. При этом отрицательное влияние аварийного сброса дренажных рассолов будет зависеть и от степени экологической опасности компонентов минерализации, особенно Br, B, Li, Hg, концентрация которых в дренажных рассолах на 2-3 порядка превышает уровень ПДК. В зависимости от класса опасности токсичных компонентов и их влияния на гигиеническое или рыбохозяйственное качество воды, протяженность зоны экологического дискомфорта может изменяться в значительных пределах.

Литература

1. *Борисов В.Н., Алексеев С.В.* Факторы взаимодействия рассолов со льдом (мерзлой породой) при отрицательной температуре // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже III тысячелетия. - Томск: ТПУ, 2000. – 584-589 с.
2. *Макаров В.Н.* Формирование техногенных надмерзлотных вод на территории промплощадки подземного рудника Удачнинского ГОКа (Западная Якутия) / В.Н. Макаров, Н. В. Торговкин. - Вопросы географии Якутии. Вып. 11. Влияние изменений климата на природные процессы криолитозоны. – Якутск, 2013. - С. 122-127.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 17, Лено-Индигирский район / Гл. управление гидрометеорол. службы при СМ СССР . – Л.: Гидрометеоиздат, 1972. 651 с.
4. *Ягнышев Б.С.* Экология Западной Якутии (геохимия геоэкосистем: состояние и проблемы) / Б. С. Ягнышев, Т. А. Ягнышева, М. Н. Зинчук, Я. Б. Легостаева. – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2005. – 432 с.

ВЫЯВЛЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЙОНЕ С.КАРАМАЛЫ И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ИХ ЛИКВИДАЦИИ

М.Н. Мельников

ТатНИПИнефть, ул. М.Джалиля, 32, г. Бугульма, Татарстан. E-mail: mmn@tatnipi.ru

Благодаря целенаправленной и системной работе ПАО «Татнефть» в области повышения экологической безопасности технологических процессов нефтедобычи, качество воды в основных реках и в подавляющем большинстве родников на территории юго-востока республики Татарстан (РТ) остается стабильным на протяжении 20 лет. Но несмотря на это, остаются участки с загрязненными пресными подземными водами.

Целью данной работы является выявление источников загрязнения пресных подземных и поверхностных вод в районе с. Карамалы и разработка мероприятий по снижению техногенного воздействия (рис. 1).

Для этой цели был использован специальный комплекс эколого-гидрогеологических исследований, разработанный в институте ТатНИПИнефть в 1991 г. специалистами отдела гидрогеологических исследований и охраны окружающей среды (ГИООС) под руководством Б.В. Анисимова. Данный комплекс позволяет дать оценку текущего экологического состояния пресных подземных вод и разработать мероприятия по их оздоровлению. Благодаря действенности данной методики, она успешно применяется на территории деятельности ПАО «Татнефть» и в настоящее время.

Изучение архивных фондов научно-исследовательских работ (НИР) ТатНИПИнефть показало, что в 1991 г. специалистами отдела ГИООС уже проводилась НИР «Выявление источников осолонения пресных подземных вод в окрестностях сел Ростовка, Карамалы, Асеево и Уразаево на Азнакаевской и Карамалинской площадях Ромашкинского нефтяного месторождения». По ее итогам было выяснено, что изменение химического состава родников в с. Карамалы связано с фильтрацией соленых вод «сверху» с площадок добывающих и нагнетательных скважин № 6 и 5 и с мест порывов водоводов, идущих от КНС-1. На основании этого были рекомендованы ремонтно-восстановительные работы.

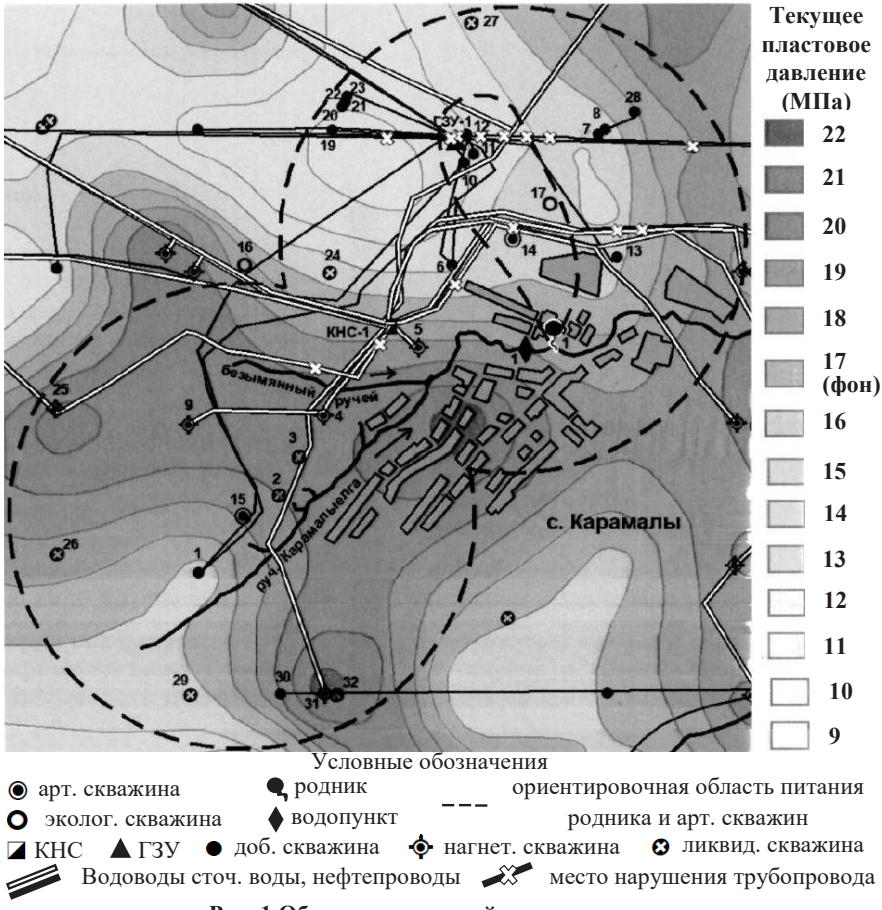


Рис. 1 Обзорная карта района исследования

Используя данные производственного экологического контроля (ПЭК), рассмотрим динамику содержания основных показателей нефтепромыслового загрязнения – хлоридов и сульфатов (нефтепродукты не рассматриваем, так как их содержание не превышает предельно-допустимую концентрацию (ПДК)) впресных подземных и поверхностных водах с. Карамалы в период с 1990 по 2018 г.

Общая минерализация в воде родника № 1 с 1990 по 2018 г. превышает ПДК, находясь в пределах от 1025 мг/дм^3 до 2270 мг/дм^3. Это вызвано превышениями ПДК сульфатов и хлоридов. При повышенном содержании хлоридов выше ПДК наблюдается непременное снижение концентрации сульфатов и наоборот, повышенное содержание сульфатов выше ПДК приводит к снижению концентрации хлоридов.

С июля 1994 г. по апрель 1995 г. в воде арт. скважины № 14 наблюдается повышение содержания хлоридов и, как и в случае родника № 1, одновременное снижение содержания сульфатов. Далее с апреля 1995 по

2018 год наблюдается стабильно низкое содержание хлоридов и высокое содержание сульфатов выше ПДК. Последнее приводит и к высоким значениям общей минерализации, также выше ПДК.

Концентрация хлоридов в воде арт. скважины № 15 начиная с 1993 г. не превышает ПДК. Но начиная с 2002 г. наблюдаются превышения концентрации сульфатов, которые с 2009 по 2018 г. достигают пределов ПДК и выше. Это вызывает увеличение содержания общей минерализации.

Концентрация сульфатов в водопункте № 1 руч. Карамалыелга с 1993 по 2018 г. превышает ПДК почти на всем протяжении времени достигая значения 420 мг/дм^3 при нормативе 100 мг/дм^3. Превышение концентрации хлоридов отмечается лишь в отдельные периоды: с января по март 1994 г., с июля 1996 года по март 1997 г., с июня 1997 года по март 1998 г. и в марте 2005 г. Содержание общей минерализации синхронизируется с содержанием сульфатов.

Как видно из этой динамики, проведение ремонтно-восстановительных работ в 1991 г. позволило временно стабилизировать состояние пресных подземных вод на этом участке. Но медленный процесс реабилитации при увеличении техногенной нагрузки привели к необходимости проведения дополнительногоисследования в 2018 г.

Данное исследование началось с полевого обследования данного участка. Село Карамалы расположено в верховье руч. Карамалыелга, большей частью на правом пологом склоне его долины. Долина ручья глубокая, узкая, с резко выраженной асимметрией склонов. Левый склон высокий, крутой, обнажает верхнепермские отложения, правый - пологий, низкий, прикрыт с поверхности четвертичными суглинками. Абсолютные отметки земной поверхности изменяются от плюс 200 – 250 м к северу от с. Карамалы, до плюс 175 м в пойме руч. Карамалыелга. На абсолютных отметках плюс 178 – 180 м из крутого левого склона выходят многочисленные родники. Судя по выходам родников, а также данным геологического разреза скважины №16, до глубины 100 м выделяется два водоносных горизонта P_2kz_1 и P_2kz_2. Каптированный родник № 1 (P_2kz_2) расположен в северной части села и многие из жителей приходят к нему за водой. Централизованное водоснабжение села осуществляется арт. Скважинами № 14 и 15 по водоводам в каждый дом. Арт. скважина № 14 (P_2kz_1) расположена на северной окраине села и питает ее северную часть. Арт. скважина № 15(P_2kz_1) расположена на юго-западной окраине села и питает ее основную часть. Натурное обследование прилегающих к ним территорий показало, что их каптажи находятся в неудовлетворительном состоянии. Вода также низкого качества (по опросу местных жителей), особенно арт. скважины № 14, которая используется только для хозяйственно-бытовых нужд. Из-за этого многие из местных жителей, у кого есть такая возможность, употребляют привозную воду из г. Азнакаево.

Вторая часть полевого обследования заключается в определении мест скрытой разгрузки грунтовых вод в руч. Карамалыелга посредством резистивиметрии. Измерение электропроводности речной воды осуществлялось термокомпенсированным кондуктометром HannaDISTWP4 в

летнюю межень и в сухую погоду, когда питания за счет атмосферных осадков нет, а разгрузка «снизу» (подземное питание) максимальное. Замеры выполнены по маршруту вдоль руч. Карамалыелга, начиная с верховья в 16 точках с шагом от 130 до 150 м. Преобразование данных электропроводности в солевое содержаниевыявило резкий скачок общей минерализации в руч. Карамалыелга чуть ниже впадения в него безымянного ручья с левого борта.

Следующим шагом является выявление потенциальных источников нефтепромыслового загрязнения пресных подземных вод. Как известно, загрязнения в зону пресных вод могут попадать как «сверху» с поверхности земли, так и «снизу» со стороны разрабатываемых нефтяных залежей. Оценка возможного загрязнения зоны пресных подземных вод «сверху» сводится к определению границ области питания (формирования) ресурсов подземных вод и наличия в их пределах нефтепромысловых объектов. Условная граница области питания родника № 1 проведена по локальным водоразделам в пределах которой все выпавшие на этой территории атмосферные осадки будут транспортированы в зону разгрузки к поверхностным водотокам. Определить границу пояса зоны санитарной охраны для арт. скважин № 14 и 15 гораздо сложнее, так как для этого необходимо проведение соответствующих гидродинамических расчетов. Поэтому область питания для арт. скважин № 14 и 15принята радиусом 1 км. Это ориентировочный совмещенный 2 и 3 пояс зоны санитарной охраны, который берется на основе многолетнего опыта наблюдений.

Таким образом, в области питания родника № 1 и арт. скважин № 14 и 15 попадают ГЗУ-1 с добывающими (№1, 6-8, 10-13, 19-23, 28, 30) и ликвидированными скважинами (№2, 3, 24, 26, 27, 29, 32), КНС-1снагнетательными скважинами (№4, 5, 9, 25, 31), а также трубопроводы различного назначения, проходящие транзитом к КНС-1, ГЗУ-1 и другим.Согласно данных нефтегазодобывающего управления (НГДУ), на исследуемой территории за последние 20 лет происходило восемнадцать порывов нефтепроводов и водоводов сточной воды, большая часть из которых в районе области питания родника № 1.

Анализ полученных данных показал, что превышения ПДК хлоридов в воде родника № 1, как и в 1991 году, связаны с порывами трубопроводов в области его питания. Вследствие солевого загрязнения зоны аэрации и первого от поверхности водоносного горизонта (P_2kz_2).

Арт. скважины № 14 и 15 эксплуатируют водоносный горизонт P_2kz_1, который не так сильно подвержен загрязнениям «сверху», поскольку расположен ниже первого от поверхности земли водоносного горизонта P_2kz_2. Поэтому источники загрязнения арт. скважин № 14 и 15 нужно искать «снизу» со стороны разрабатываемых нефтяных залежей. Одним из главных факторов загрязнения пресных подземных вод «снизу» является пластовое давление (ПД), способствующее подъему крепких рассолов с больших глубин в зону пресных вод.При высоких, относительно естественных, значениях ПД, нагнетаемые сточные и пластовые воды, по затрубному пространству скважин без цемента или с плохим сцеплением цемента с эксплуатационной колонной поднимаются в зону солоноватых вод нижней

пермской системы (P_1), подпирают их, занимая значительные площади. Это может инициировать интенсивное выщелачивание гипсов и ангидритов, что приводит к появлению в воде высоких концентраций не только хлоридов, но и сульфатов. При наличии трещиноватых зон, тектонических разломов, трассируемых речной и овражной сетью возможен «прорыв» хлоридно-сульфатных вод в зону пресных вод с выходом на поверхность.

Проведем анализ текущих ПД на исследуемом участке для определения возможности подъема высокоминерализованных пластовых вод в зону пресных вод. В пределах исследуемого участка разрабатывается пашийский нефтеносный горизонт (D_3ps - Д1) с начальным (естественным) ПД17 – 17,5 МПа и плотностью подземных вод от 1,18 г/дм^3. Согласно картам разработки (изобар) изучаемого участка текущие ПД изменяются от 12,6 МПа (скв. №10) – в зоне отбора жидкости, до 21,8 МПа (скв. №5) – в зоне нагнетания. А учитывая закачку пресных вод в разрабатываемые горизонты с целью поддержания ПД (ППД) плотность водснижена с 1,18 г/дм^3 до 1,10 г/дм^3. Используя эти данные по формуле расчета пьезометрических уровней был проведен расчет уровней пластовых вод, создаваемых ПД пашийского нефтеносного горизонта в пределах областей питания родника №1 и арт. скважин № 14 и 15. Как известно, условная граница пресных подземных вод на юго-востоке РТ проходит по кровле P_2ss, примерно на абсолютных отметках плюс 80 – 100 м. Данный расчет позволил определитьучасток, в котором пьезометрические уровни пластовой воды поднимаются выше границ пресной подземной воды, достигая максимальной абсолютной отметки плюс 413 м. В данном участке оказываются арт. Скважина № 15, добывающая скважина № 30, нагнетательные скважины № 4, 5, 9, 25 и 31, ликвидированные скважины № 2, 3, 26 и 32.

Анализ текущего технического состояния всех скважин, расположенных в области питания родника № 1 и арт. скважин № 14 и 15 показал, что в скважинах №1-3,6-9, 12, 13, 26, 29, 31 цемент за эксплуатационными колоннами недоподнят до «башмака» кондуктора. Это говорито том, что затрубное пространство этих скважин является потенциальным каналом для перетоков высокоминерализованных пластовых вод в зону пресных вод.

Таким образом, можно утверждать, что превышения ПДК сульфатов в воде арт. скважин № 14 и 15 (P_2kz_1), являются результатом подъема высокоминерализованных пластовых вод по затрубному пространству некачественных скважин под действием повышенных, относительно естественных, ПД в зону пресных подземных вод верхней пермской системы (P_2) с выходом на поверхность. Это подтверждается и результатами резистивиметрии, проведенной в период полевого обследования участка с. Карамалы. А именно, скачок общей минерализации в руч. Карамалыелга чуть ниже впадения в него безымянного ручья с левого бортаговорит о том, что этот безымянный ручей разгружает соленые подземные воды через трещиноватую зону, которую трассирует. Арт. скважина № 14(P_2kz_1) не находится в зоне высоких ПД, как арт. Скважина № 15 (P_2kz_1). Это можно объяснить тем, что перетоки пластовых вод возможны не только по вертикали затрубного пространства некачественных скважин, но и по

горизонтали вышележащих (не затронутых разработкой) водоносных горизонтов. Дальнейший подъем перетоков по некачественным скважинам (расположенных в зонах с низким ПД в разрабатываемых горизонтах)в вышележащихпластах C_3 и P_1 зависит отзначений ПД в них(данные отсутствуют).

Роль естественных причин содержания в воде арт. скважин № 14 и 15 сульфатов выше ПДК не подтверждается. Поскольку в геологическом разрезе скважины № 16 (P_2)отсутствуют породы гипса и ангидрита, которые могли бы естественным образом выщелачиваться и тем самым увеличивать концентрацию сульфатов в водоносных горизонтах верхней пермской системы (P_2). Это подтверждается и данными опробования скважины№ 17 при ее бурении в 1993 г. на водоносный горизонт P_2kz_1, где концентрация хлоридов и сульфатов находится в пределах ПДК.

На основании проделанной работы разработаны мероприятия, направленные на снижение негативного воздействия разработки нефти на зону пресных подземных вод в районе с. Карамалы:

- в пределах областей питания родника № 1 и арт. скважин № 14 и 15 необходимо пересмотреть схему воздействия на разрабатываемые пласты, снизив ПД до естественных для каждого горизонта, хотя бы в нагнетательных скважинах № 4, 5, 9, 25 и 31, а также и вновь переводимых под закачку. Это исключит возможность подъема высокоминерализованных пластовых вод в зону пресных вод;

- в случае невозможности, по технологическим причинам, снижения ПД в зоне нагнетания необходимо провести ремонтно-восстановительные работы в скважинах № 1-3, 6-9, 12, 13, 26, 29, 31 с целью исключения возможности заколонных перетоков.

Для улучшения состояния первого от поверхности водоносного горизонта (P_2kz_2), который разгружается в роднике № 1, необходимообеспечитьгерметичность нефтепромысловых сооружений, спланировать и гидроизолировать прилегающие к ним территории, провести диагностику технического состояния трубопроводов и т.д. Это общие рекомендации, направленные на оздоровление зоны пресных вод в условиях нефтедобычи, разработанные и подробно описанные в отчетах ТатНИПИнефть[1].

Для обеспечения жителей с. Карамалы качественной питьевой водой возможна установка баромембранной системы очистки воды на водозаборных сооружениях села. Ранее ПАО «Татнефть» уже устанавливала такие системы очистки в населенных пунктах, где были аналогичные проблемы с качеством питьевой воды и это дало свой положительный результат.

Литература

1. Охрана от загрязнения водозаборов подземных вод в нефтедобывающих районах РТ / Б.В. Анисимов, А.Г. Пухов // Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений Татарстана: сб. науч. тр. / ТатНИПИнефть. – Бугульма, 2000. – С. 20 – 25.

ИЗМЕНЕНИЕ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОСФЕРЫ СЕВЕРНЫХ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНОВРЕСПУБЛИКИ КОМИ

Т.П.Митюшева

ИГ Коми НЦ УрО РАН, 167000, Сыктывкар, Первомайская, 54.
E-mail:mityusheva@geo.komisc.ru

Территория Республики Коми (РК), занимающая площадь 416,8 тыс. км^2, характеризуется большим разнообразием ландшафтно-климатических, структурно-тектонических и гидрогеологических условий, обладает огромными ресурсами пресных и минеральных подземных вод. Подземные воды региона приурочены к осадочным толщам широкого стратиграфического диапазона (от четвертичного до протерозоя) Печорской и Русской системы артезианских бассейнов, к зонам трещиноватости складчатых систем Урала и Тимана [10]. В зависимости от особенностей географического положения и геологического строения территории,гидрохимическая зона пресных подземных вод (ПВ) распространена до глубины 50÷500 м. Особенностью северной части является развитие многолетнемерзлых пород (ММП), с залеганием подошвы ММП до глубин 350-400 м[8].Прогнозные ресурсы ПВ на территории РК в целом значительны 62,1 млн. м^3/сут [9].

Несмотря на то, что регион в целом характеризуется благополучной экологической обстановкой, имеются локальные площади, испытывающие негативное антропогенное воздействие,в основном это горнопромышленные районы в центральной и северной частях республики. Основное воздействие на подземныеводы оказывают добывающие предприятия угольной и нефтяной промышленности. Техногенные изменения подземной гидросферы выражаются в нарушении природных термодинамических и гидрогеохимических условий, возникших в результате изъятияи перераспределения больших объемов подземных (пресных и минеральных)вод и загрязнения водоносных горизонтов и комплексов.

Нефтепромыслы, по количеству объектов и занимаемой площади оказываютнаибольшеетехногенное воздействие на природные воды и геологическую среду, в целом. В Республике Коми из 163 месторождений углеводородного сырья, числящегося на Государственном балансе, добыча нефти и газа ведется на 83 месторождениях[6].Существенным фактором негативного воздействия на ресурсы подземных вод является добычапопутных вод на месторождениях углеводородов, в 2017 г. было извлечено 131 тыс. м^3/сут[6]. Рассматривая динамику забора этих вод,можно отметить снижение общего объема, что связано,главным образом,с уменьшением добычи нефти в регионе. При этом необходимо подчеркнуть стабильный рост объемов извлекаемых для водоснабжения объектов

нефтепромысла пресных или соленых подземных вод. Пресные подземные воды месторождений Печорского артезианского бассейна используются как для хозяйственно-питьевых целей, так и технических нужд. Соленые воды юрских, триасовых и палеозойских напорных водоносных комплексов добываются для организации технологического водоснабжения нефтяных и газоконденсатных месторождений. На многих месторождениях углеводородов, происходит уменьшение пластовых давлений, в результате чего из верхних (J-T) водоносных комплексов месторождений технических подземных вод, находящихся над нефтяными и газоконденсатными залежами с целью поддержания пластового давления для закачки в глубокие горизонты (T–O) добывается до 10 тыс. $м^3$/сут. Таки образом, происходит нарушение естественных гидродинамических условий, не только истощение запасов пресных и слабосоленых вод зоны активного водообмена, но и перераспределение давления, температур, геохимии подземных вод в зонах затрудненного и весьма затрудненного водообмена.

На объектах нефтегазодобывающего комплекса, в результате многолетней эксплуатации месторождений нефти и газа Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (ТПП), отмечается почти повсеместное загрязнение поверхностных и грунтовых вод нефтепродуктами. Особенностью данного вида загрязнений является токсичность и долговременность существования, миграция загрязняющих веществ во взаимосвязанные системы.Максимальная интенсивность загрязнения грунтовых вод нефтепродуктами на территории ТПП в концентрациях превышающих гигиенические нормативы Российской Федерации для пресных вод, используемых для питьевых и культурно-бытовых целей (ГН 2.1.5.1315-03, ГН 2.1.5.2280-07 и СанПиН 2.1.4.1074-01)в 2010 г. составила до 12,7 ПДК [5], в 2017 г. – до 2,4 ПДК [6]. На ряде площадей разрабатываемых месторождений углеводородов наблюдается изменение химического состава пресных подземных вод четвертичных отложений, напорных подземных вод юрского водоносного горизонта, являющихся одними из наиболее перспективных источников питьевого водоснабжения на севере региона. Выявлено превышение норм ПДК следующих показателей: минерализации, хлоридов, железа, марганца, аммония, величины окисляемости, ухудшение органолептических свойств.

Примером, долговременного загрязнения на месторождениях углеводородов, может служить участок шламонакопителя ДНС-13 Усинского нефтяного месторождения, крупнейшего в республике. По результатам многолетних наблюдений на этом участке в подземных водах под нефтешламонакопителями, наблюдался стабильный рост содержаний ионов хлора от 4 ПДК (2004 г.) до 19 ПДК (чрезвычайно опасное загрязнение) (2009 г.), железа от 18 до 1270 ПДК (чрезвычайно опасное загрязнение)[3–5]. В 2017 г. отмечено снижение концентраций хлоридов до нормативных значений и железа до 5 ПДК[6]. До 2013 г. была выявлена [3–5]тенденция к увеличению концентраций свинца в подземных водах от 3,8 ПДК (2004 г.) по 15,6 ПДК.По данным мониторинга, в последние годы отмечена стабилизация ситуации, в 2017 г. [6]здесь наблюдалось загрязнение подземных вод в

единичных пробах алюминием (1,1 ПДК) и кадмием (7 ПДК), зафиксированыповышенные значения окисляемости (1,1–1,6 ПДК) и мутности (9,3–17,3 ПДК).

Техногенные гидрогеологические системы сформировались в Воркутинском промышленном районе на угольных месторождениях: Воркутском, Юньягинском и Воргашорском. Начиная с 40-х гг.XX в. здесь было построено 25 шахт.В 2017 г. добыча угля производилась на 4 шахтах (Воркутинская, Заполярная, Комсомольская, Воргашорская) и 1 угольном разрезе Юньягинскийпредприятиями АО «Воркутауголь». Шахта Интинская АО «Шахта «Интауголь» в 2018 г. прекратила работу. В целом, добыча угляв последние 20 лет неуклонно снижается и в 2017 г. составила 5,817 млн. т [6].

Территория МО ГО «Воркута» входит в состав Северо-Большеземельского криоартезианского бассейна III порядка в пределах Печорского артезианского бассейна. Данная территория расположена в зоне прерывистого распространения ММП, максимальная глубина распространения которой достигает 150 м, фиксируется в четвертичном покрове. Зона пресных вод распространена до глубины 200–300 м[2]. По степени обеспеченности населения прогнозными ресурсами ибалансовыми запасами питьевых ПВ территория МО ГО «Воркута» относится к надежно обеспеченным [6, 9].Прогнозные ресурсы оцениваются в количестве 3552,5 тыс. $м^3$/сут, в том числе пермских образований – 1507 тыс. $м^3$/сут [9]. На территории Воркутинской агломерации для водообеспечения шахт и рабочих поселков в период с 1962 по 1998 гг. было разведано 12 месторождений подземных вод.Это один из наиболее обеспеченных эксплуатационными запасами (163,36 тыс. $м^3$/сут)подземных вод районов РК.Более 60% общих запасов подземных вод месторождений приурочено к преимущественно песчаным отложениям аячьягинской подсвиты лекворкутской свиты (кунгурский–уфимский ярусы Приуральского отдела). По химическому составу это воды гидрокарбонатные с пестрым катионным составом, пресные с минерализацией 0,05-1,0 г/$дм^3$[2].

Значительное влияние угольной отрасли на подземную гидросферу проявляется в непосредственном воздействии – большом объеме отбираемых подземных вод (в ряде случаев и взаимосвязанных с ними поверхностных вод) при шахтном водоотливе, изменении геохимико-экологического состояния подземных вод, а также опосредованно, через распространение загрязняющих веществ атмосфере, поверхностных водах, почвах, растительности.

На площади Печорского угольного бассейна под влиянием шахтного водоотлива на разрабатываемых более 80-и лет угольных месторождениях в Воркутинском и Интинском промышленных районах сформировался сложный техногенно нарушенный гидродинамический и гидрохимический режим. Понижение уровня подземных вод пермских угленосно-терригенных пород привело к образованию областей (воронок) депрессии подземных вод в районах действующих и закрытых шахт. В результате шахтного водоотлива в районе Воркуты отмечены потери речного стока, осушение озер и четвертичных водоносных комплексов, перераспределение областей питания

и разгрузки подземных вод.Депрессионная воронка, возникшая преимущественно в западной части Воркутинского района по материалам Е. Н. Бусыгиной, имела в конце 20 в. площадь до 320–500 км^2 и глубину до 200 м [2, 8].Начиная с 1946 г., на выработках Воркутского угольного месторождения величина шахтного водоотлива достигала 70,3 тыс. м^3/сут. В настоящее время в связи с сокращением угледобычи и закрытием ряда шахт, величина водоотлива сократилась почти в два раза, что явилось причиной повышения динамических уровней подземных вод в районе Воркутского месторождения. В настоящее время на водозаборе Кайташорский, эксплуатация которого осуществляется с 1998 г., специально для перехвата потока подземных вод к горным выработкам шахты Воргашорской, уровень подземных (подмерзлотных) вод средне-верхнепермского водоносного комплекса в 2017 г. зафиксирован на глубине 59,54 м, глубина депрессии составила 49,55 м[6].

Значительное негативное влияние угольной отрасли (в том числе и в результате бурения в процессе поисково-разведочных работ) на природные воды проявляется в ухудшении качества вод. Выявлено изменение в положении гидрохимических зон в разрезе [2]: произошло сокращение зоны пресных вод активного водообмена, осолонение подземных вод, на глубинах 300–500 м сформировался горизонт хлоридно-гидрокарбонатных натриевых вод с минерализацией 1–3 г/дм^3. В горнорудных регионах экологический центр тяжести смещается на сформированные вокруг месторождений поля отвалов и отходов[1]. В 2007 г. в грунтовых водах в зоне влияния породных шахтных отвалов шахты «Северная» наблюдались превышения норм по величине минерализации (1,5 ПДК), окисляемости (1,4 ПДК) и содержанию сульфатов (1,3 ПДК) [4]. На многих шахтных полях Воркутинского района концентрации Cd в подземных водах достигают до 100–130 ПДК [8]. Вкислых шахтных водах в больших количествах присутствуют нефтепродукты (1,5 – 10,0 мг/л), железо (до 10 мг/л), фенолы, медь, соединения азота. За период с 1980 по 2003 гг. концентрация загрязняющих веществ в р. Воркуте[7]достигала максимальных значений по азоту аммонийному – 9,3 мг/л, азоту нитритному – 17 мг/л, азоту нитратному – 5 мг/л, фосфору фосфатному – 28 мг/л, легкоокисляемым органическим веществам (по $БПК_5$) – 7,6 мг/л, фенолам – 0,047 мг/л, нефтеуглеродам – 0,12 мг/л, меди – 0,04 мг/л, что соответственно в 30, 1700, 16, 1400, 4, 47, 3 и 43 раз превышает установленные нормы. В речных водах характерными техногенными примесями являются Ba (до 7–17 ПДК), Cd (до 130 ПДК) [7, 8], повышены (относительно фоновых концентраций Большеземельской тундры) содержания U до 8 мкг/л (при фоновых 0,1–0,2), As до 2 мкг/л (при фоне 0,2-0,5) [11].В пределах Воркутинского промышленного района, исследованиями в период 1999–2003 гг., установлены [11, 12]аномалии U, As, Mo, Sb, Cd, незначительные аномалии Be, Th, Sr и некоторых других элементов в поверхностных водах, донных осадках и других компонентах природной среды, связанные с углистым веществом, с распространением угольной пыли.

Природные воды как подвижный компонент окружающей среды, испытывают максимальное влияние от деятельности человека. Не смотря на высокую обеспеченность ресурсами ПВ питьевого качества 74 $м^3$/сут на 1 чел. в республике [6], необходимо отметить, что пресные подземные воды на значительных площадях региона недостаточно защищены от проникновения загрязняющих веществ с поверхности земли. На месторождениях полезных ископаемых велик риск аварийных ситуаций, может происходить загрязнение атмосферы, вод, почв и др. Ведущее экологическое значение в загрязнении природных вод принадлежит не столько самим добываемым компонентам месторождений, сколько сопутствующим им высокотоксичным микроэлементам[1]. В связи с миграцией загрязнения в системе взаимодействия вода–порода (почва)–растения (живое вещество) возможно образование долговременных вторичных техногенных поликомпонентных аномалий.На месторождениях полезных ископаемых при их разработке формируются локальные техногенные гидрогеохимические аномалии, в которых различные органические вещества–загрязнители играют существенную роль. Для северных территорий, особенно в зоне развития ММП, загрязнение природных вод при малой мощности зоны пресных вод, максимально болезненно для природной среды, в т.ч. и в связи с длительным процессом самоочищения и восстановления.

Вызывает особую озабоченность, что процессы изменения подземной гидросферы, происходящих в регионе с 40-х годов 20 в. недостаточно изучаются. Наблюдения за подземными водами и другими компонентами природной среды осуществляются только непосредственно на месторождениях полезных ископаемых в рамках мониторинга окружающей среды. Секвестрование государственной (федеральной) опорной наблюдательной сети проводимое с конца девяностых годов 20 в. на территории Республики Коми и в стране в целом, не позволяет осуществлять полноценный мониторинг состояния недр. В настоящее время за техногенными изменениями горнопромышленных районов контроль осуществляется только на 7 пунктах наблюдения за подземными водами в Воркутинском районе, которые располагаются на площади федерального опорного мерзлотно-гидрогеологического полигона Воркутинский ГМПВ [6].Одной из первоочередных задач для сохранения водных богатств необходимо восстановление наблюдательной сети, которая бы позволила оценить трансформацию природной среды горнопромышленных районов, дать гидрогеохимический прогноз, выработать комплекс мероприятий и рекомендаций для восстановления подземных вод.

Работы выполнены при частичной поддержке проекта УрО РАН: «Ресурсно-индустриальная и инфраструктурная трансформация как фактор развития Воркутинской опорной зоны Российской Арктики» (№ 0416-2018-0014).

Литература

1 Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты: монография / С.Р.Крайнов, Б.Н.Рыженко, В.М.Швец. М.: Наука, 2004. 677 с.

2 Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000. Серия Уральская. Лист Q–41–Воркута. Объяснительная записка. СПб. : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2007. 541 с.

3 Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Республики Коми в 2007 году». Сыктывкар, Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми. ГУ «ТФИ РК». Сыктывкар, 2008.

4 Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Республики Коми в 2008 году». Сыктывкар, Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми. ГУ «ТФИ РК». Сыктывкар, 2009.

5 Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Республики Коми в 2010 году». Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми. ГУ «ТФИ РК». Сыктывкар, 2011.

6 Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Республики Коми в 2017 году» / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми, ГБУ РК «ТФИ РК». Сыктывкар, 2018. 176 с.

7 *Никаноров А.М., Иванов В.В., Брызгало В.А.* Реки Российской Арктики в современных условиях антропогенного воздействия. Ростов-на-Дону. 2007. 271с.

8 *Оберман Н.Г., Шеслер И.Г., Рубцов А.И.* Экогеология Республики Коми и восточной части Ненецкого Автономного округа. Сыктывкар, ПрологПлюс, 2004. 256 с.

9 *Огородникова Г.П., Разина И.П., Косиненко Л.И. и др.* Отчет «Оценка обеспеченности хозяйственно-питьевого водоснабжения Республики Коми» (второй этап). г. Ухта-2, 1999. Фонды «Комигеология» №11094. Рукописная.

10 *Огородникова Г.П., Разина И.П., Пасынкова О.Н. Митюшева Т.П., Машин Д.О.* Гидрогеологическая карта Масштаб 1:3 500 000. Основные водоносные горизонты и комплексы / Атлас Республики Коми. М.: Феория, 2011. с.68-71.

11 *Савенкова Г. Б.* О техногенном загрязнении воркутинского промышленного района по результатам работ международного проекта «Экогеохимия Баренцева региона» / Геология и минеральные ресурсы европейского северо-востока России: Матер. XIV Геолог. Съезда Республики Коми. Т.IV. Сыктывкар: Геопринт, 2004. С.200-202.

12 *Salminen R. et al.,* Geochemical Atlas of the Eastern Barents Region. Elsevier. 2004. 348 p.

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОДОТОКОВ ТЕРРИТОРИИ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВЬЮН (РЕСПУБЛИКА САХА - ЯКУТИЯ)

А.Ю. Мишанькин, Е.А. Филимоненко, Ю.А. Карпенко

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина 30. E-mail: tpu@tpu.ru

В настоящее время в числе основных направлений развития минерально-сырьевой базы золота в Российской Федерации значится введение в оборот новых месторождений, прежде всего на северо-востоке страны [6]. В данном контексте перспективным для освоения является золоторудное месторождение Вьюн, расположенное на территории Верхоянского района Республики Саха-Якутия и входящее в состав Эльгенджинского рудно-россыпного узла Яно-Колымской золоторудной провинции [7].

Месторождение Вьюн представляет собой крутопадающую золотомалосульфидно-кварцевую жилу с низким (до 5%) содержанием сульфидов. Промышленная золотоносность руд определяется Au-пирит-арсенопиритовым и Au-халькопирит-галенитовым парагенезисами. В настоящее время месторождение не отрабатывается, но проводятся поисково-оценочные и эколого-геохимические исследования [1, 8].

Территория месторождения относится к субарктической зоне. Гидрографическую сеть составляют руч. Вьюн, его притоки (временные водотоки) и р. Бурганджа, в которую впадает руч. Вьюн. Почвенный покров представлен глее-мерзлотно-таёжными почвами. В геологическом плане территорию месторождения слагают терригенные отложения верхнетриасового возраста, представленные частым чередованием алевролитов, аргиллитов, с пачками песчаников мощностью до 20-30 м [7].

Литогеохимические и гидролитогеохимические исследования на территории месторождения Вьюн были проведены летом 2017 года сотрудниками кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета. Отбор проб почв проводился в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01, ГОСТ 17.4.4.02, ГОСТ 28168-89. Почва отбиралась с верхнего горизонта (0-10 см) методом конверта. Всего было отобрано 19 индивидуальных проб почв. Подготовка проб почв к анализу на содержание химических элементов заключалась в их высушивании, ручном измельчении, просеивании и истирании при помощи виброистирателя. Аналитическое определение содержаний 55 химических элементов во всех пробах почв проводилось методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ISP-MC) в аккредитованной лаборатории химико-аналитического центра «Плазма» (г. Томск).

Геохимическая специализация почвенного покрова территории месторождения Вьюн определялась путём расчёта кларков концентраций химических элементов относительно среднего состава верхней части континентальной земной коры [3] (рис. 1).

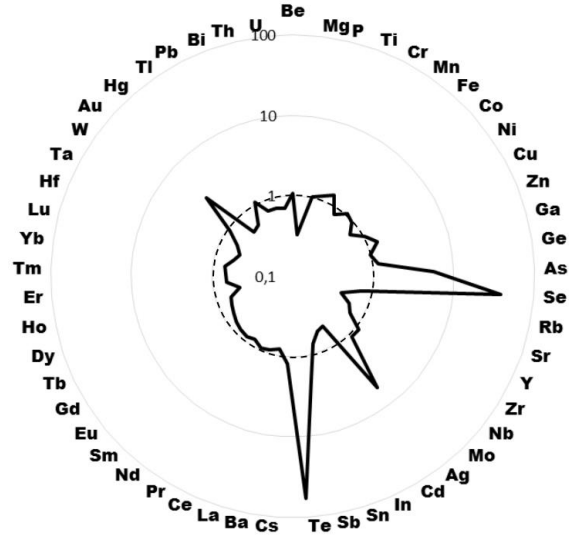


Рис. 1. Кларки концентрации химических элементов в почвенном покрове территории золоторудного месторождения Вьюн относительно среднего состава верхней части континентальной земной коры [3].

Установлено, что литогеохимическая ассоциация сформирована главным образом повышенными содержаниями Te, Se, As, Ag, Au, Sb. Наличие в литогеохимической ассоциации Au, As, Ga отражает металлогенические особенности месторождения Вьюн, в целом типичные для потоков рассеяния золоторудных месторождений Восточной Якутии [4]. В целях определения минерального состава проб почв, отобранных на территории месторождения, проводился шлиховой анализ, по результатам которого в пробах обнаружены биогенные частицы, кварц, слюдистые минералы (мусковит, биотит и др.), карбонатные и глинистые частицы. Рентгенофазовый анализ показал, что почва содержит такие минералы, как кварц, микроклин, иллит, альбит, клинохлор. Кроме того, в пробах почв встречается мусковит, причем мелкочешуйчатая его разновидность в виде серицита входит в состав околорудных метасоматитов (березитов), которые являются поисковым признаком золоторудных жильных месторождений [2]. По данным электронной микроскопии в почве обнаружены минеральные частицы, содержащие в своём составе редкоземельные элементы (La, Ce, Pr, Nd, Sm), Si, Fe, Al и некоторые другие химические элементы (рис. 2).

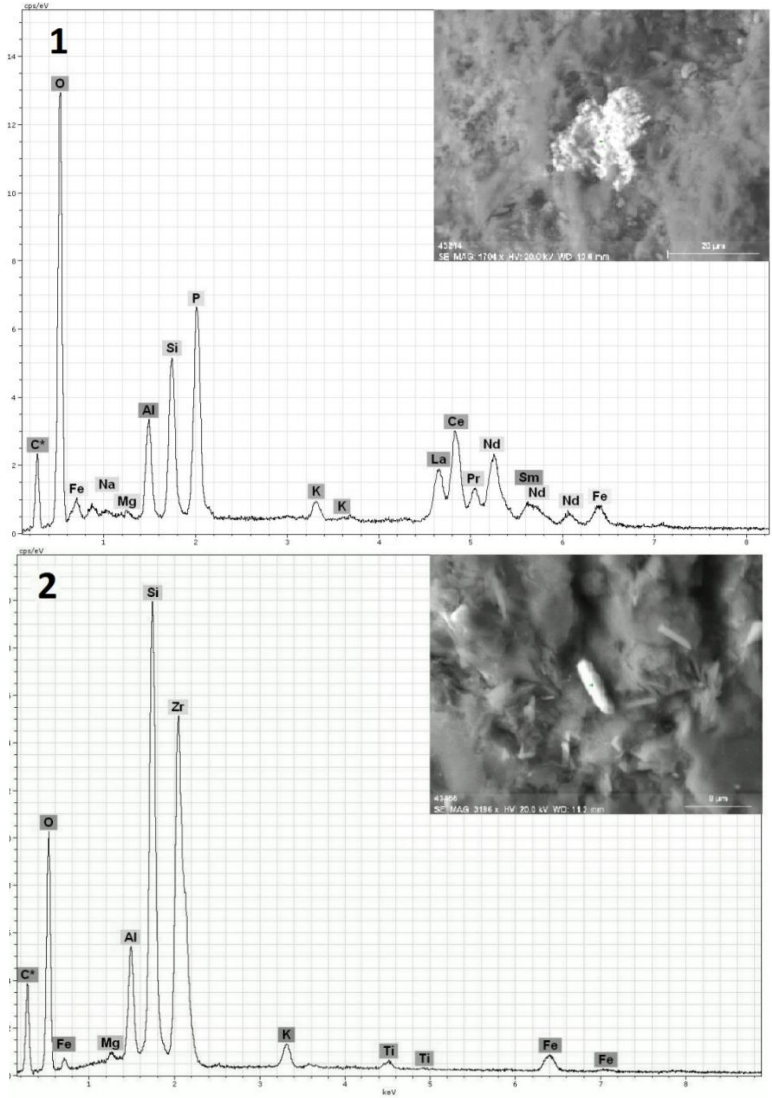


Рис. 2. Химический состав минеральных фаз почвенного покрова территории золоторудного месторождения Вьюн по данным сканирующей электронной микроскопии с энерго-дисперсионной спектрометрией (SEM-EDS). Предполагаемые минералы: 1 – монацит (Ce, La, Nd, Th) [PO_4]; 2 – циркон $ZrSiO_4$.

Отбор проб донных отложений из водотоков на территории месторождения Вьюн проводился в соответствии с ГОСТ 17.1.5.01, РД 52.24.609.

Общее количество отобранных и изученных проб донных отложений из водотоков на территории месторождения составило 13 образцов (руч. Вьюн – 6 образцов, притоки руч. Вьюн – 4 образца, р. Бурганджа – 3 образца). Подготовка проб донных отложений к анализу на содержание химических элементов осуществлялась по той же схеме, что и для проб почв. Количественный химический анализ проб на 55 химических элементов также проводился методом ISP-MC в аккредитованной лаборатории химико-аналитического центра «Плазма» (г. Томск).

В ходе обработки аналитических данных о содержании химических элементов в пробах донных отложений водотоков золоторудного месторождения Вьюн установлено, что общая геохимическая специализация донных отложений относительно среднего состава верхней части континентальной земной коры [3] сформирована главным образом высокими уровнями концентрирования Te, Se, As, Au, Sb, Ag, Bi (рисунок 3), что частично отражает черты металлогении месторождения.

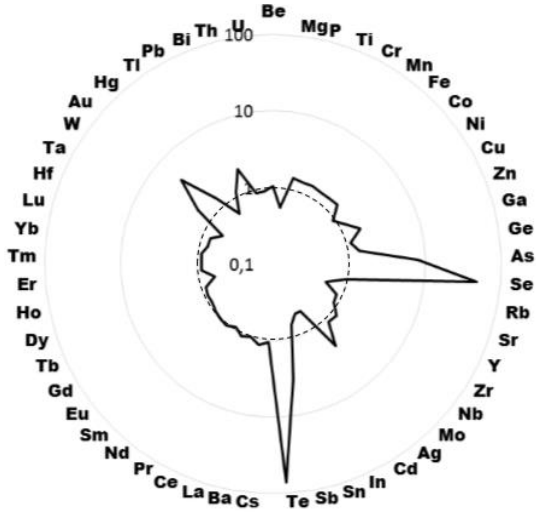


Рис. 3. Кларки концентрации химических элементов в донных отложениях водотоков золоторудного месторождения Вьюн относительно среднего состава верхней части континентальной земной коры [3].

Геохимические ассоциации отдельных водотоков месторождения в целом схожи между собой и идентичны с ассоциацией, общей для всех водотоков. Минералогический состав проб донных отложений водотоков месторождения Вьюн (по данным шлихового анализа) слагают большие количества темноцветных алюмосиликатов, а также кварц и светлые слюды. Проведение рентгенофазового анализа проб донных отложений позволило выявить наличие в них кварца, микроклина, мусковита, иллита и серпентина. Спектр химических элементов, содержащихся в минеральных фазах проб донных отложений, схож с таковым для проб почвенного покрова (рис. 4).

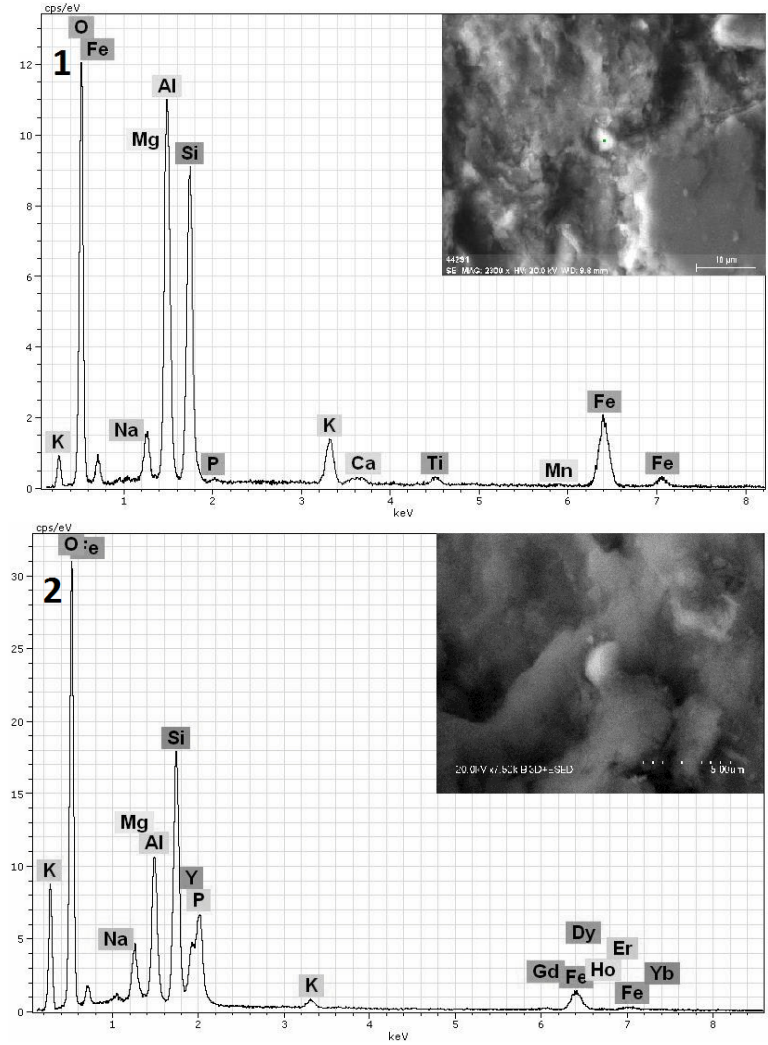


Рис. 4. Химический состав минеральных фаз донных отложений водотоков территории золоторудного месторождения Вьюн по данным сканирующей электронной микроскопии с энерго-дисперсионной спектрометрией (SEM-EDS). Предполагаемые минералы: 1 – иллит (KH_3O) $(Al, Mg, Fe)_2 (Si, Al)_4 O_{10} [(OH)_2, H_2O)]$; 2 – ксенотим YPO_4.

Таким образом, проведённые литогеохимические и гидролитогеохимические исследования позволили установить особенности накопления химических элементов в почвах и донных отложениях водотоков территории золоторудного месторождения Вьюн.

Выявленная геохимическая специализация почвенного покрова месторождения является типичной для состава почв и донных отложений в зоне гипергенеза Верхнеиндигирского золотоносного района [5].

В целом, геохимия почв и донных отложений отражает металлогенические особенности месторождения.

Минералогический состав почвенного покрова и донных отложений водотоков исследуемой территории в значительной степени схож между собой и характеризуется преобладанием таких породообразующих минералов, как кварц и микроклин.

Важным результатом проведенных исследований является то, что выявленные уровни содержания химических элементов в исследованных компонентах природной среды на доэксплуатационном этапе освоения объектов золоторудного месторождения Вьюн могут быть использованы в качестве фоновых характеристик в ходе проведения эколого-геохимического мониторинга при последующей разработке месторождения.

Работа выполнена в рамках Договора между ООО «Дальзолото» и Национальным исследовательским Томским политехническим университетом №13.13-108/2017 от 27.04.2017 г.

Литература

1. *Анисимова Г.С., Протопопов Р.И.* Геологическое строение и состав руд золотокварцевого месторождения Вьюн, Восточная Якутия // Руды и металлы. 2009. № 5, с. 59-69.

2. Геологический словарь: [в 3 т.] / гл. ред. О. В. Петров. — 3-е изд., перераб. и доп. СПб., ВСЕГЕИ, 2010. Т. 1. 430 с.

3. *Григорьев Н.А*. Среднее содержание химических элементов в горных породах, слагающих верхнюю часть континентальной коры // Геохимия. 2003. № 7, с. 785-792.

4. *Макаров В.Н.* Геохимические ореолы золоторудных месторождений Якутии / В.Н. Макаров // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (6-8 апр. 2016 г.). Якутск, 2016. с. 110-113.

5. *Макаров В.Н.* Геохимия окружающей среды Верхнеиндигирского золотоносного района // Наука и образование. 2008. № 4, с. 45-48.

6. *Наталенко А.Е., Пак В.А.* Основные направления развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации // Минеральные ресурсы России: экономика и управление. 2015. № 1, с. 35-40.

7. *Протопопов Р.И., Сулейманов А.М., Пичугин Е.П. и др.* Подсчет запасов золоторудного месторождения Вьюн в Верхоянском улусе Республики Саха (Якутия) по состоянию на 01.01.2009 г, в 3-х книгах. Книга 1. 175 с.

8. *Язиков Е.Г., Филимоненко Е.А., Собянин Ю.П., Мишанькин А.Ю., Афанасьев Е.С.* Благородные металлы в коре лиственницы даурской (L. dahurica Turcz.) на территории Вьюнского рудного поля (Республика Саха (Якутия)) // Вопросы естествознания: научный журнал. 2018. № 1, с. 148-153.

БУФЕРНЫЕ СВОЙСТВА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ (НА ПРИМЕРЕ НИЖНЕКАМСКОЙ ПРОМЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН)

Р. Х. Мусин, А. Р. Галиева

Казанский федеральный университет, Казань, Россия. E-mail: Rustam.Musin@kpfu.ru

Максимальному техногенному воздействию природные среды подвергаются в пределах различных крупных промышленных центров. Именно здесь в наиболее контрастной форме проявлены проблемы неблагоприятной трансформации качественных показателей окружающей среды. Для рационального, эффективного в эколого-экономическом плане природопользования необходим обязательный учет буферных (защитных) свойств геологической среды. Одним из примеров промышленных центров, характеризующихся значительными буферными свойствами геологической среды (в первую очередь благодаря весьма рациональному расположению) является Нижнекамская промышленная зона в Республике Татарстан.

Нижнекамская промышленная зона включает такие крупные предприятия, как ПАО “Нижнекамскнефтехим” (крупнейшая нефтехимическая компания Европы, первая продукция была выпущена в 1967 г.), ПАО “Нижнекамскшина” (крупнейшее предприятие шинной промышленности в РФ и СНГ), АО “ТАНЕКО” (новейший комплекс нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов с проектной мощностью переработки нефти 14 млн./т*год), ОАО “ТАИФ-НК” (нефтеперерабатывающий комплекс с переработкой сырья 8,5 млн./т*год).

Промзона расположена на достаточно высоком и широком залесённом водоразделе по левобережью р. Кама, восточнее г. Нижнекамск. Общая её площадь – не менее 20 км^2. За пределами санитарной защитной зоны Нижнекамского промышленного комплекса расположены небольшие населенные пункты, ведется активная сельскохозяйственная деятельность и разработка нефтяных месторождений (рис. 1).

Промзона в геолого-структурном плане приурочена к юго-восточному склону Северо-Татарского свода Волго-Уральской антеклизы Русской платформы [1], а в гидрогеологическом отношении – к Волго-Уральскому артезианскому бассейну [3].

Верхняя часть геологического разреза сложена комплексами полигенных карбонатно-терригенных образований уржумского, казанского и уфимского ярусов средней и нижней перми общей мощностью около 250 м. Характерной их особенностью является чередование в разрезе седиментационных пачек, соответствующих отдельным ритмам осадконакопления. Основания пачек

обычно представлены песчаниками, а кровельные части – глинами, реже карбонатными породами. Толщина отдельных прослоев обычно составляет 2-6 м, реже более, а мощность пачек может достигать 30-40 м [2]. Пермские отложения перекрыты четвертичным покровным комплексом, представленным, в основном, элювиально-делювиальными суглинками. Мощность суглинков 1-20 м.

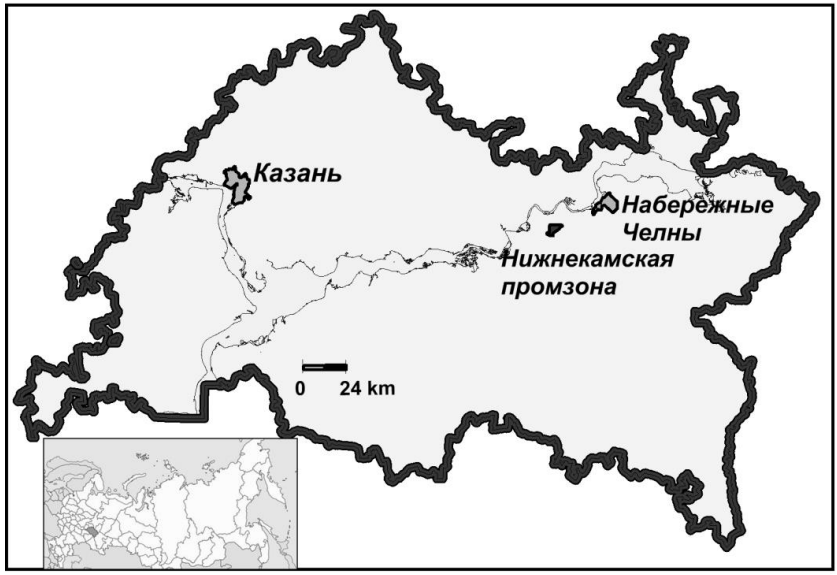


Рис. 1. Расположение Нижнекамской промышленной зоны в границах Республики Татарстан.

Нижнекамская промышленная зона является областью развития межпластовых подземных вод, формирующих типичные междуречные потоки. Областями их питания являются водораздельные пространства, а разгрузки – палео- и современные речные долины. Карбонатно-терригенный состав водовмещающего матрикса, относительная короткость путей фильтрации, а также невысокая минерализация атмосферных осадков, являющихся основным источником питания подземных вод, обусловили довольно высокую мощность зоны пресных подземных вод, охватывающую всю рассматриваемую 250 м часть разреза. Его гидрогеохимическая характеристика базируется на особенностях состава родниковых вод, подземных вод, вскрытых поисковыми, наблюдательными и эксплуатационными скважинами. Временной интервал гидрогеохимического материала 1978-2017 гг. [4-7].

Наиболее активно загрязнение гидросферы района выражено в её верхней части и ниже уровня грунтового горизонта отмечается крайне редко. В Нижнекамском промышленном районе проявлены все основные типы загрязнения – промышленное, сельскохозяйственное, коммунально-бытовое

и, вероятно, загрязнение, связанное с разработкой нефтяных месторождений. При этом все типы загрязнения характеризуются локальным характером распространения [4]. Так промышленное загрязнение возможно в пределах самих предприятий (инженерных объектов) и в ближайшем их обрамлении. По имеющимся данным загрязнение как поверхностных, так и подземных вод не распространяется далее 1-1,5 км от ограничения промышленной зоны (или объектов, вынесенных за её пределы). Промышленное загрязнение обычно выражается в увеличении минерализации и жёсткости вод, концентраций в них нефтепродуктов, фенолов и многих тяжелых металлов. Коммунально-бытовое загрязнение подземных вод обычно ограничивается контурами населенных пунктов, в большинстве случаев оно проявлено сверхпредельной жёсткостью и окисляемостью (здесь и далее в качестве предельных рассматриваются ПДК для питьевых вод). Сельскохозяйственное загрязнение проявляется узколокальными “всплесками” жёсткости, содержаний азотных соединений и органических веществ.

Локализация загрязнения преимущественно в верхней части разреза (в поверхностных и грунтовых водах) связана с особенностями его литолого-фациального строения. Главным здесь является преимущественно терригенный характер разреза с не менее чем 50% распространённостью глин и довольно высокая известковистость пород. Наличие карбонатных соединений определяет буферные свойства геологической среды относительно кислых атмосферных осадков, вероятность выпадения которых в Нижнекамской промышленной зоне довольно высока (даже при нормальном pH атмосферных осадков, они приобретают кислую реакцию при проходе через лесную подстилку). Наличие же мощных глинистых прослоев определяет формирование многочисленных горизонтов межпластовых вод, которые препятствуют глубокому проникновению поверхностного загрязнения. При проявлении загрязнения грунтовых вод (вод первого от поверхности водоносного горизонта) загрязнённые воды вовлекаются в плановую фильтрацию и разгружаются в близрасположенных долинах рек и ручьёв, плотность которых достаточно высока. В меженные периоды все поверхностные водотоки являются областями разгрузки подземных вод и на качество подземных вод они какого-либо влияния оказать не могут. В пределах самих водотоков проявленное загрязнение характеризуется узколокальным проявлением, т.к. поверхностные воды района также обладают высоким потенциалом самоочищения (разбавление чистыми водами (атмосферными, поверхностными, подземными), сорбция на взвешенных частицах и выпадение в осадок, хемо- и биодеструкция, и др.).

Ярким примером, отражающим высокие буферные свойства геологической среды Нижнекамской промышленной зоны, являются данные по полигону захоронения промышленных отходов ПАО “Нижнекамскнефтехим”. Он функционирует с 1982 г. К началу 2014 г. в его пределах было захоронено 504081 м^3 разнообразных отходов. Эксплуатация полигона привела к интенсивному загрязнению грунтовых вод, локализованных в уржумских отложениях. Их минерализация внутри картового поля и на его ограничении может достигать 7-12 г/дм^3, общая

жесткость 70-135 ммоль/дм^3; концентрации наиболее характерных загрязнителей (мг/дм^3): нефтепродукты – до 500– 982; фенолы – до 13,9; железо – до 153 (степени превышения ПДК для питьевых вод до (5–98)*10^2 раз). При этом уровень концентраций многих компонентов по мере удаления от полигона начинает снижаться. Это снижение на расстоянии 150 м от внешних границ полигона может достигать одного порядка, и связано оно с процессами самоочищения подземных вод за счет протекания таких процессов как сорбция, диффузия, дисперсия, хемо- и биодеструкция и, главное, разбавления чистым инфильтрационным питанием. С каждого квадратного метра на уровень грунтовых вод вне пределов картового поля приходит инфильтрационное питание, минимальная оценка которого составляет 1,85*10^{-4} м^3/сут (в виде слоя воды это 67,57 мм/год). Процессы самоочищения грунтовых вод приводят к тому, что на удалении 1,0-1,5 км от полигона в составе поверхностных и грунтовых вод уже не фиксируются изменения, которые могли бы быть вызваны деятельностью полигона [5, 7].

Зона пресных подземных вод в водораздельных областях Нижнекамского промышленного района характеризуется ярко выраженной вертикальной гидрогеохимической зональностью. В направлении сверху вниз (от уржумского водоносного комплекса до уфимского) происходит смена гидрокарбонатных кальциевых и магниево-кальциевых вод на гидрокарбонатные и сульфатно-гидрокарбонатные натриевые (компоненты перечислены в порядке увеличения концентраций от 20 %-моль). При этом минерализация варьирует в нешироких пределах – 400-600 мг/дм^3 (несмотря на увеличение времени взаимодействия в системе “вода-порода”), а жёсткость постепенно снижается с 6-8 до 0,5-2 ммоль/дм^3. Также снижаются концентрации гидрокарбонатов с 360-400 до 200-250 мг/дм^3, а pH увеличивается с 6,8 до 8,8. Данная зональность обусловлена процессами ионного обмена и осаждением карбонатов кальция и магния за счет увеличения щелочности подземных вод. Повышение pH до 8,8, скорее всего, связано с недостатком углекислого газа для связывания гидроксил-иона, выделяющегося при гидролизе силикатов и алюмосиликатов, который сопровождается и поступлением в подземные воды Na^+. Данная вертикальная зональность также ответственна за повышенную мощность (до 250 м) зоны пресных вод, при которой глубокозалегающие подземные воды являются мягкими и, в большинстве случаев, отличаются благоприятным питьевым качеством.

Природные условия Нижнекамского промышленного района определяют проявление вертикальной гидрогеохимической зональности в зоне пресных подземных вод и локализацию их загрязненных разностей преимущественно в самой верхней части разреза. Это обусловливает возможность получения воды питьевого качества практически везде на участках проявления как латеральной, так и вертикальной нисходящей фильтрации (а такой тип вертикальной фильтрации проявлен повсеместно за исключением крупных палео- и современных речных долин), при этом для водораздельных участков наиболее оптимальным является установка фильтров водозаборных скважин на уровне водоносных горизонтов нижнеказанского водоносного комплекса

(глубины 130-180 м). Подтверждением данного положения является постоянство во времени (несколько десятилетий) состава и благоприятное питьевое качество подземных вод эксплуатационных скважин в большей части населенных пунктов вокруг Нижнекамской промышленной зоны, а также высокое качество подземных вод непосредственно в её пределах. Так в пределах Шинного месторождения питьевых подземных вод, расположенного в северо-восточной части Нижнекамской промзоны, три эксплуатационные скважины функционируют с 1992 г., признаков неблагоприятного изменения качества подземных вод нижнеказанского комплекса – нет, глубины установки фильтров–140–160 м.

Литература

1.Войтович Е. Д., Гатиятуллин Н. С. Тектоника Татарстана. Казань, Изд-во Казан. ун-та, 1998. 140 с.

2.Геология Татарстана: Стратиграфия и тектоника /Под ред. Б.В. Бурова. М., ГЕОС, 2003. 402 с.

3. Зайцев И.К. Гидрогеохимия СССР. Л., Недра, 1986. 239 с.

4.Мусин Р.Х., Калкаманова З.Г. Формирование состава подземных вод в верхней части гидролитосферы Восточно-Закамского региона Татарстана //Нефтяное хозяйство. 2016. № 2, с. 18–22.

5.*Мусин Р.Х., Мусина Р.З.* О влиянии на гидролитосферу полигонов захоронения промышленных отходов //Недропользование XXI век. 2014. № 1 (45), с. 84–87.

6.*Сунгатуллин Р. Х.* Комплексный анализ геологической среды (на примере Нижнекамской площади). Казань, Изд-во Мастер-Лайн, 2001. 140 с.

7.Musin R. Kh., Kurlyanov N. A., Kalkamanova Z. G., Korotchenko T. V. Environmental state and buffering properties of underground hydrosphere in waste landfill site of the largest petrochemical companies in Europe // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2016. V. 33, p. 1–6.

АНАЛИЗ НАКОПЛЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА В РЕЧНЫХ СИСТЕМАХ НА ТЕРРИТОРИИ СИБАЙСКОГО МЕДНОКОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

А.Ю. Опекунов, М.Г. Опекунова, С.Ю. Кукушкин, В.В. Спасский, Е.В. Яськевич, З.Ю. Аржанцева, В.В. Сомов

Санкт-Петербургский государственный университет, г.Санкт-Петербург, ВО 10 линия 33/35.
E-mail: a_opekunov@mail.ru

Объекты накопленного экологического ущерба являются атрибутом всех горнодобывающих предприятий [5]. К ним относятся отвалы пустой породы, шламохранилища, пруды-отстойники, карьеры, территории и водные объекты, подвергшиеся химическому загрязнению. Каждый из них оказывает определенное влияние на природные компоненты и среду обитания человека. Подобные объекты присутствуют на одном из старейших в Башкирском Зауралье по времени освоения Сибайском медно-цинковом месторождении. Среди них – р. Карагайлы, негативное влияние которой в настоящее времяраспространяется за пределы данного региона.

Сибайское медноколчеданное (медно-цинковое) месторождение разрабатывается с 1939 г. В 1956 г. начато освоение Сибайскойрудной залежи сначала открытым способом, с 2003 г. – с использованием закрытых выработок. До начала строительства на месте Сибайского карьера протекала река Карагайлы, верховья которой были отведены в р. Камышлы-Узяк, а в среднем течении было прорыто новое русло в обход карьера. После начала освоения Сибайской залежи источником воды в реке стали подотвальные и подземные (трещинные) воды, разгрузка которых в виде родников происходила в этом месте до строительства карьера. Расход этих вод в летнее время составляет 15-30 л/с. Состав воды соответствует сульфатно-магниевому типу с минерализацией более 9 г/л и аномальными концентрациями индикаторных металлов – Cu, Zn,Cd– и др. хальфилов. Кроме того, в верхнем течении в русло реки происходит сброс карьерных вод. Длина водотока – 11 км. Она впадает в р. Худолаз – приток р. Урал. На реке выражены процессы техноседиментогенеза с накоплением техногенных минеральных илов [1, 4]. Исследования реки проводятся с 2004 по 2018 гг. На рис. 1 представлены результаты изучения донных осадков на 21 пробной площадке (ПП) (рис. 1).

Морфологические особенности поймы и русла реки обусловили разные режимы переноса и отложения осадочного материала. В верхнем течении при пересечении пос. Горный русло р. Карагайлы имеет ширину 2-6 м с расширениями до 20 м. Скорость течения в летнюю межень достигает 0,2-0,3 м/с. Форма русла в основном канавообразная, высота берегов не превышает

1-1,5 м. Режим осадконакопления – преимущественно аккумулятивный и транзитно-аккумулятивный. В среднем течении в г. Сибай водоток сформировал широкую (до 200 м) заболоченную пойму, заросшую тростником. На реке был построен пруд Строителей, выполнявший роль механического и сорбционного барьеров, где происходила активная аккумуляция металлов. Далее река протекает по узкому и относительно глубокому руслу. Скорость течения достигает 0,8 м/с, обеспечивая транзитный режим осадочного материала. В районе хвостохранилища в связи с насыпкой дорог вновь отмечается расширение и зарастание поймы. Ниже в пос. Калининское река характеризуется выработанным руслом и относительно широкой долиной, где она впадает в р. Худолаз. Скорость течения невелика (0,2-0,3 м/с), что обусловливает аккумулятивный, местами эрозионно-аккумулятивный характер современного осадконакопления.

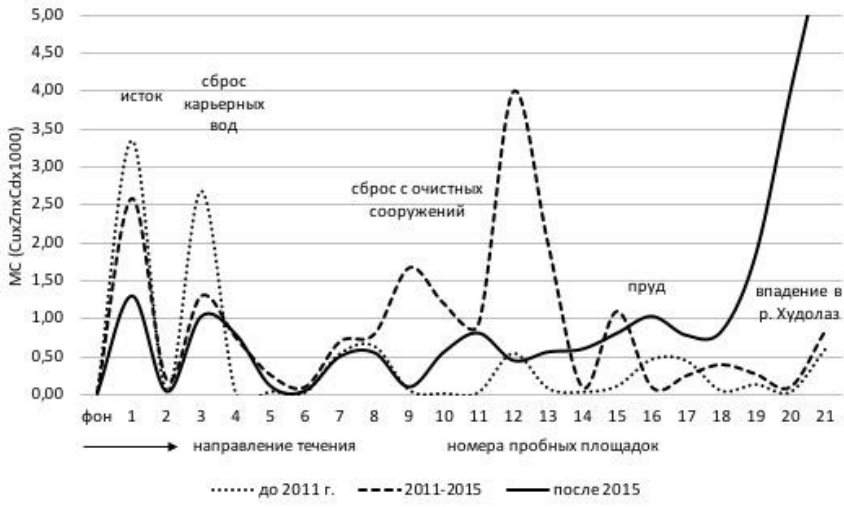


Рис. 1. Изменение мультипликативного показателя (МС) содержания Zn, Cu и Cd в донных осадках р. Карагайлы (по: [2] с дополнениями).

В таком режиме река функционировала в течение полувека. В этот период в разливах водотока и в акватории пруда Строителей шло отложение в осадках металлов, что привело к формированию толщи отложений с высокой концентрацией металлов-халькофилов. Причиной этого стали физико-химические (в основном кислотно-щелочного класса) и биогеохимические барьеры в акватории реки, на которых происходила аккумуляция техногенных илов (рис. 1, ПП1, 3, 8, 12). Осаждение Cu и Cd в верхнем и среднем течении проходило в основном в форме неосульфатов (56-86 и 43-60% от валового содержания), однако в устье реки их количество снижалось (до 15 и 7% соответственно). Доля сульфатов Zn была ниже и составляла в верхнем и среднем течении 22-29%, уменьшаясь в устье до 9%. Часть металлов мигрировала в речных водах и поступала в р. Худолаз, однако там в

связи с возникновением щелочного барьера в месте впадения они быстро осаждались в виде сульфатов и в адсорбированном состоянии на оксигидроксидах железа, а содержание в воде снижалось до нормативных значений.

Характер миграции и аккумуляции тяжелых металлов (ТМ) изменился после 2011 г. с началом работы очистных сооружений в 2,2 км ниже от истока реки (рис. 1, ПП 9). Очистка карьерных вод от Cu, Zn и других халькофильных элементов производится методом флокуляции после известкования воды. Очищенная вода, сбрасываемая в реку, имеет pH около 10,5, что приводит к значительному росту кислотно-щелочного показателя речной воды. До запуска очистных сооружений вода реки на среднем и нижнем участках характеризовалась слабокислой и нейтральной реакцией. В промышленной зоне города (рис. 1, ПП 9-16) pH составлял до 5,45-5,75, а в устье реки вода достигала нейтральных значений (6,45-7,10), вызывая отложение гидросульфатов.

Резкий рост pH речной воды (до 7,5-8,0), вследствие сброса очищенных вод, привел к образованию в месте сброса комплексного сорбционно-гидроксидного и щелочного барьеров (рис. 1, ПП 9). При росте щелочности воды интенсифицировался процесс осаждения металлов в составе сульфатов, началось образование бикарбоната железа $FeSO_4 + Ca(HCO_3)_2 \rightarrow Fe(HCO_3)_2 + CaSO_4$ с переходом его в гидроксид: $2Fe(HCO_3)_3 \rightarrow 2Fe(OH)_3\downarrow + 6CO_2$. Это проявилось в охристой окраске осадков и аномально высокой концентрации в них Fe (до 21%). В речной воде в месте сброса содержание железа составляет 0,62 мг/л. Свежеобразованный $Fe(OH)_3$ активно адсорбирует рудные металлы. На это указывает высокая концентрация в донных отложениях Cu (до 0,83%), Zn (до 1,92%) и Cd (до 0,0048%). Содержание обменных форм этих металлов, максимальное в поверхностном слое, вниз по разрезу осадков падает в 1,3-1,8 раза вследствие раскристаллизации $Fe(OH)_3$ и недоступности металлов для ацетатно-аммонийной вытяжки. Таким образом, искусственный барьер вызвал активную аккумуляцию ТМ на дне в районе сброса и ниже по течению реки (рис. 1, ПП 10-15). Его эффективность подтверждается сравнительными данными (табл.). Они указывают на рост концентрации валового содержания и подвижных форм ТМ в донных отложениях водотока после 2011 г. Однако при увеличении абсолютного содержания подвижных форм их доля в валовом содержании снизилась, что еще раз подчеркивает возросшую роль гидроксидов железа в осаждении халькофилов. Заметно уменьшилась (практически до нормативных значений) концентрация металлов в нижнем течении реки при впадении в р. Худолаз [2].

Однако в 2014 г. было принято решение о проведении дноочистных работ от очистных сооружений до пос. Калининское (рис. 1, ПП. 19).Они свелись к строительству канавообразного русла с отвалом грунтов по бортам канавы. Эти работы привели к полному изменению гидрогеохимической ситуации, вызванному разрушением всех геохимических барьеров, сформировавшихся в верхнем и среднем течении реки. Кроме того, в связи с увеличением энергии потока начался размыв отложений, накопившихся за последние десятилетия. Основным последствием стал рост концентрации железа в

донных осадках (табл.), в воде и взвеси. В донных отложениях заметно понизилась доля подвижных (сорбционно-карбонатных) форм металлов, что еще раз подтверждает их преимущественное присутствие в составе гидроксидов железа. Пик концентрации железа и индикаторных металлов сместился к устьевой зоне реки (рис. 1, ПП 18-20). Вода приобрела выраженный охристый оттенок с очень высоким содержанием взвешенных оксигидроксидов железа, поток рассеяния которых в воде р. Худолаз распространился до р. Урал, т.е. на расстояние более 25 км.

Таблица 1

Содержание подвижных и валовых форм металлов в донных осадках р. Карагайлы в разные режимы ее функционирования

Период	Формы	Cu (мг/кг)		Zn (мг/кг)		Cd(мг/кг)		Fe(%)	
		x	S	x	S	x	S	x	S
До 2011 г.	вал	5353	5082	5141	4109	8,9	8,2	7,05	3,48
	подвижные	1916	3019	2943	3848	5,0	5,9	0,046	0,041
2011-2015 гг.	вал	6848	4369	9180	3746	15,9	9,8	10,7	5,56
	подвижные	1980	1400	4437	3128	6,4	4,7	0,48	0,43
После 2015 г.	вал	6946	3719	8048	6807	14,1	11,9	18,9	9,84
	подвижные	635	336	2713	4394	2,8	3,4	0,096	0,099

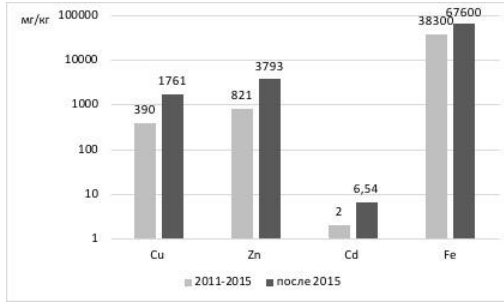
Проведение дноочистных работ сказалось на уровне загрязнения почвенного покрова. В этот период произошло значительное повышение содержания индикаторных металлов в почвах первой надпойменной террасы (рис. 2). Кларк концентрации валового содержания ТМ после 2015 г. по отношению к более раннему периоду оставил: Zn (4,6)>Cu (4,5) >Cd (3,3) >Fe (1,8); подвижных форм: Cu (23,8)>Zn (16,9)>Fe (4,9) >Cd (1,8). Такой существенный рост концентрации можно объяснить дестабилизацией равновесного состояния сформировавшейся техногенной системы в подчиненных ландшафтах [3] и усилением биогеохимического круговорота, изменившим латеральную и радиальную миграцию металлов.

Существенным экологическим следствием загрязнения донных отложений и речной воды является тот факт, что формирующиеся осадки характеризуются высокой токсичностью. Биотестирование отложений было проведено на базе климатостата Р2 по дафнии *Daphniamagna Straus*. Время экспозиции составило 48 часов (острая токсичность). В верхнем течении реки тестируемый осадок оказался токсичным (50% гибели тест-объекта), а в нижнем течении – высокотоксичным (80% гибели тест-объекта). Для сравнения в близлежащих водных объектах (оз. Култубан) осадки были нетоксичны (10% гибели) по отношению к *D.magna*.

Таким образом, система геохимических барьеров, которая сложилась в русле р. Карагайлы за время эксплуатации месторождения, была представлена в основном системой техногенных барьеров кислотно-щелочного и биогеохимического классов. В результате запуска очистных сооружений, возник искусственный сорбционно-щелочной барьер, который

заметно снизил миграционную способность поллютантов, поступающих из-под отвалов и со сбросами карьерных вод. Площадь активной аккумуляции поллютантов сконцентрировалась в верхнем и среднем течении реки. Однако дноуглубительные работы привели к полному разрушению сложившихся геохимических барьеров. Это явилось причиной увеличения миграционной способности металлов и повышения их концентрации за счет размыва ранее сформировавшихся техногенных илов. Процесс активизации загрязнения в значительной мере затронул и водотоки более высокого порядка (р. Худолаз). Произошла дестабилизация геохимического равновесияв подчиненных ландшафтах, вызвав значительное увеличение концентрации металлов в почвах первой пойменной террасы.

а)



б)

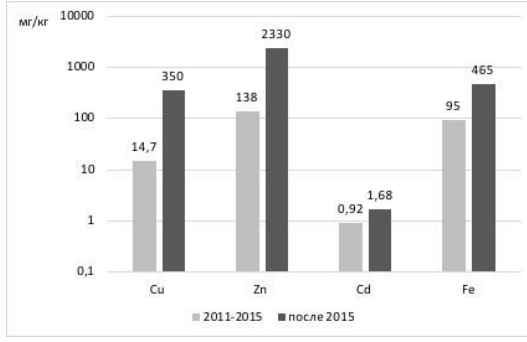


Рис. 2. Изменение содержания индикаторных металлов в почвах надпойменной террасы за период после проведения дноочистных работ (а – валовые содержания, б – подвижные формы).

В целом накопленный экологический ущерб, если рассматривать его за период разработки Сибайского медноколчеданного месторождения, по минимальной оценке, только по водотокам составил 70,3 га. При этом в период с 2011 по 2015 г. в условиях оптимальной системы функционирования геохимических барьеров основная концентрация поллютантов была сосредоточена в верхнем и среднем течении на площади около 35,5 га. Однако в настоящее время комплекс природоохранных

мероприятий без должного научного обоснования привел к тому, что площадь накопленного экологического вреда (70,3 га) будет увеличиваться за счет роста объема техногенных отложений в нижнем течении р. Карагайлы (где всегда доминировал транзитный режим переноса осадочного материала) и в р. Худолаз вплоть до впадения в р. Урал. Принципиально важным является вопрос загрязнения почв первой надпойменной террасы, где в 2017-2018 гг. был отмечен значительный рост концентрации металлов, в том числе и их подвижных форм. Выявленный уровень загрязнения значительно превосходит установленные для почв значения ПДК (рис. 2).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-05-00217 «Биогеохимические индикаторы техногенной трансформации потоков тяжелых в ландшафтах».

Литература

1.*Опекунов А.Ю., Опекунова М.Г.* Геохимия техногенеза в районе разработки Сибайского медно-колчеданного месторождения// Записки Горного института, т. 203, 2013. С. 196-204.

2.*Опекунов А.Ю., Опекунова М.Г., Сомов В.В., Митрофанова Е.С., Кукушкин С.Ю.* Влияние разработки Сибайского месторождения (Южный Урал) на трансформацию потока металлов в подчиненных ландшафтах // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2018. № 1. С. 14-24.

3. *Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Папян Э.Э., Сомов В.В.* Использование биоиндикационных свойств растительности при оценке трансформации ландшафтов в районе разработки Сибайскогомедноколчеданного месторождения (Южный Урал) // Сибирский экологический журнал, 2017, № 3. С. 350-366.

4. *Опекунов А.Ю., Холмянский М.А., Куриленко В.В.* Введение в экогеологию шельфа. Учебн. пособ. СПб, Изд-во С-Петербургского университета, 2000. 176 с.

5. *Питулько В.М.,Дэн Вэй, Опекунов А.Ю.* Динамика накопленного прошлого экологического ущерба в ходе технологической эволюции разработки вольфрамового месторождения Яоган (южный Китай)// Региональная экология. № 2 (44) - № 3 (45), 2016. С. 31-37.

СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ КАК ИНДИКАТОР ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В Г. КРАСНОУРАЛЬСКЕ

Л.П. Парфенова, О.А. Екимова

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»,
620144 г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д.30. E-mail: okopenkina@yandex.ru

Город Красноуральск расположен в Свердловской области в 200 км к северу от областного центра г. Екатеринбурга. Город образовался в связи с освоением Красногвардейского месторождения медных руд и строительством медеплавильного завода (ныне ОАО «Святогор»). В связи с этим согласно классификации по специфике размещения промышленности [1], основной градообразующей базы г. Красноуральск относится к городам с вкрапленной структурой планировки, которая характерна для городов, где появление промышленности совпало с началом развития заводского производства.

Под влиянием производственной деятельности ОАО «Святогор» в г. Красноуральске Свердловской области происходит изменение природной среды, которое связано с её загрязнением. В данной статье изучено влияние металлургического предприятия на снежный покров.

Снеговая съемка является очень информативным методом изучения экологической ситуации, отражающей обобщенное состояние атмосферного воздуха на территории с учетом техногенной нагрузки за весь период формирования снежного покрова, т.е. за 5 месяцев для наших климатических условий. Концентрация примесей в снеге отражает их содержание в атмосфере и указывает на источник и механизм образования аэрозолей вблизи места отбора проб [2].

Существует довольно значительное количество исследований, подтверждающих наличие связи между содержанием металлов в атмосферном воздухе и выпадениями их на территории городов, что фиксируется в виде аномалий в почве и снежном покрове. Запасы снега, скапливающиеся в течение зимы, во время весеннего таяния также являются главным источником питания поверхностных и грунтовых вод.

Снежный покров не активен ни в химическом, ни в биологическом отношении, в нем не происходит химических трансформаций веществ, следовательно, он является индикатором предшествовавшего загрязнения атмосферы и будущего загрязнения почвы и гидросферы [2].

Ряд наблюдений составляет 4 года (с 2010 по 2014 гг.). Снежный покров формируется в основном в течение 5 месяцев в году, отбор проб снега проводился в первой декаде марта [3]. В качестве элемента-маркера выбрана медь в твердой и жидкой фазах снега. Схема размещения точек наблюдения состоит из восьми румбов, по три точки на каждом с шагом 1, 2 и 3 км от источника выбросов (трубы металлургического производства) и

дополнительные точки на промплощадке металлургического комбината. В качестве фоновой выбрана т. 40, расположенная за пределами промышленной площадки более чем в 5 км южнее источника выбросов (пос. Дачный).

Наиболее «грязный» снег будет формироваться на восточном и северо-восточном румбах в направлении преобладающих ветров. Для изучения загрязнения выбран восточный профиль и т. 1 на нем как ближайшая (на расстоянии 1 км от трубы) и находящаяся в самых неблагоприятных условиях. Очевидно, что высота снежного покрова – величина переменная, характер распределения осадков, в том числе и твердых в районе работ представлен в таблице 1.

Таблица 1

Количество твердых осадков, выпавших в Кушвинском районе

	Количество твердых осадков, мм					
месяц	XI	XII	I	II	III	Суммарное количество осадков за период снегонакопления, мм
Фактические данные по результатам мониторинга						
2010 – 2011 гг.	53,1	45,4	17,3	23,7	10,4	149,9
2011 – 2012 гг.	17,0	8,9	5,2	5,5	41,9	78,5
2012 – 2013гг.	73,4	30,4	23,0	5,8	41,7	174,3
2013 – 2014 гг.	26,9	44,9	34,7	39,1	32,5	178,1

Из таблицы 1 видно, что высота снежного покрова за период наблюдений менялась от минимальных 78,5 мм в 2011-12 гг. до максимальных 178,1 мм 2013-14 гг. с разницей более чем в два раза.

Для сравнения фактических данных содержания меди в снеге использован коэффициент концентрации ($К_к$) как отношение фактической концентрации содержания меди в т. 1 к ее фоновому значению в т. 40 [3].

Таблица 2

Коэффициенты концентрации меди в снежном покрове

Период	Коэффициент концентрации	
	В жидкой фазе	В твердой фазе
2010-2011 гг.	33,11	15,89
2011-2012 гг.	18,27	16,66
2012-2013 гг.	63,45	27,13
2013-2014 гг.	20,28	17,04

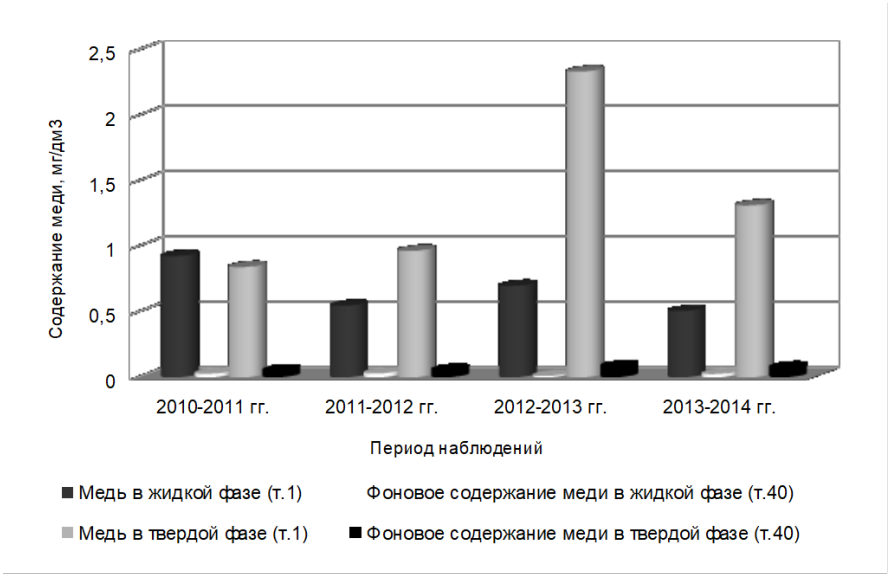


Рис. 1. Данные о содержании меди в снеге в т. 1 и т. 40 (фоновая)

Для характеристики загрязнения территории в целом все точки опробования распределены по трем зонам: городская территория (жилая застройка), промышленная площадка, фоновая территория.

Таблица 1

Содержание меди в снеговом покрове (в твердой фазе) на территории г. Красноуральск

Период	Содержание меди в твердой фазе, мг/дм^3 (min-max среднее)		
	Городская территория (21 точка)	Промплощадка ОАО «Святогор» (7 точек)	Фоновая территория (1 точка)
2010-2011	0,239-2,789 1,020	0,312-2,117 1,235	0,053
2011-2012	0,355-2,128 1,077	0,268-8,024 3,791	0,058
2012-2013	0,305-6,618 2,116	0,641-8,993 3,353	0,086
2013-2014	0,612-3,332 1,387	0,725-4,412 2,758	0,077

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЮГО-ВОСТОЧНОГО БЕЛОМОРЬЯ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА

Е.В. Полякова, Ю.Г. Кутинов, А.Л. Минеев, З.Б. Чистова

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. Н.П. Лаверова РАН, 163061, г. Архангельск, набережная Северной Двины, 23. E-mail: lenpo26@yandex.ru

Одним из индикаторов экологического состояния природной среды являются подземные воды, пригодные для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения. Использование ресурсов подземных вод относится к одной из жизнеобеспечивающих функций литосферы. С этих позиций экологическая значимость пресных подземных вод особых пояснений не требует. Основной задачей устойчивого природопользования в этой сфере является рациональное использование гидроресурсов и снижение их загрязнения выбросами, сбросами и отходами.

Исследование проведено в пределах Юго-Восточного Беломорья (ЮВБ) Архангельской области. Данная территория является уникальной с точки зрения сочетания естественных и антропогенно-нарушенных ландшафтов северной тайги. С одной стороны, здесь сохранился массив коренных северотаежных лесов, развиты уникальные карстовые формы рельефа. С другой, это территория Архангельской алмазоносной провинции, где осуществляется разработка открытым способом месторождений алмазов им. М.В. Ломоносова и В.П. Гриба, ведутся лесозаготовительные работы. Таким образом, антропогенная нагрузка на данной территории неуклонно возрастает.

В пределах рассматриваемого региона подземные воды формируются в верхней гидродинамической зоне свободного водообмена в условиях интенсивной циркуляции и дренажа, имеют тесную взаимосвязь с атмосферными осадками и поверхностными водами. Основными факторами, влияющими на химический состав подземных вод, являются условия дренирования, литологический состав вмещающих пород и степень проницаемости отложений [2]. Показатель расчлененности рельефа также определяет химический состав подземных вод. Чем выше неоднородность (расчлененность) рельефа, меньше толща перекрывающих коренные породы четвертичных отложений, тем большее количество пресных атмосферных вод достигнет водоносных толщ и путем растворения и выщелачивания пород сформирует определенный химический состав подземных вод [3]. В то же время, сравнительно невысокая расчлененность рельефа обуславливает и невысокую интенсивность водообмена и, как следствие, более высокую минерализацию подземных вод [4].

На основе цифровой модели рельефа (ЦМР) Архангельской области в программной среде SAGA GIS был рассчитан индекс расчлененности.

Индекс расчлененности рельефа (Terrain Ruggedness Index) служит для объективной количественной оценки разнородности (неоднородности) рельефа. Применительно к ЦМР индекс расчлененности равняется среднему значению перепада высот между конкретной ячейкой и ее ближайшими восемью соседними [10].

На территории ЮВБ водоупор присутствует только в восточной части, на западе он эродирован. В зоне свободного водообмена здесь находятся все водоносные горизонты, приуроченные к четвертичным отложениям, а также верхние части водоносных горизонтов и комплексов пермской, каменноугольной и вендской систем. Для верхней части гидрогеологического разреза ЮВБ мощностью 100-250 м можно выделить пять основных областей развития подземных вод различного качества (рис. 1): пресные кондиционные воды; пресные некондиционные воды; солоноватые воды; соленые воды; смешанные воды [5].

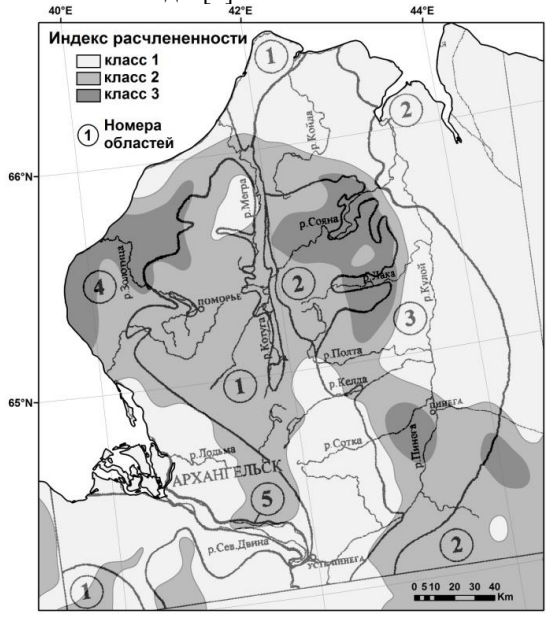


Рис. 1. Схема областей развития подземных вод различного качества: 1 – пресных кондиционных вод, 2 – пресных некондиционных вод, 3 – солоноватых вод, 4 – соленых вод, 5 – смешанных вод.

Область развития пресных кондиционных вод (1) включает в себя водоносные комплексы песчаников и алевролитов падунской свиты венда и урзугской свиты среднего карбона, приуроченные к возвышенным частям территории в основном с абсолютными отметками выше 60-140 м, а также карбонатных пород среднего-верхнего карбона и ассельского яруса нижней перми, представленных известняками и доломитами с редкими прослоями гипсов.

Большая мощность зоны пресных вод (до 200 м, причем она опускается на 100 м ниже уровня моря) объясняется широким развитием в пределах данной площади переуглубленных до 100-250 м палеодолин верхнеплиоценового возраста, включающих в себя почти полный разрез плейстоцена с фрагментами неогеновых осадков в основании. Эти сравнительно узкие и глубокие палеодолины осуществляли интенсивное дренирование и опреснение водоносных толщ с вымыванием растворимых соединений на протяжении 1-2 млн. лет.

В четвертичное время на составе подземных вод этой площади практически не отразилось воздействие морских трансгрессий. Для нее характерен маломощный в основном до 10, реже до 20-40 м чехол четвертичных отложений преимущественно песчано-супесчаного состава, значительная расчлененность рельефа, что способствует повышенной инфильтрации атмосферных осадков. Однако, повышение базиса эрозии, произошедшее за четвертичный период и вызвавшее заполнение палеодолин ледниковыми и морскими отложениями, способствовало поднятию границы минерализованных вод вверх по разрезу, в основном, под современными речными руслами.

Современная активизация разломов, закарстованность территории, способствует формированию эффективной зоны взаимосвязи подземных вод с поверхностными условиями. Так, в зоне разлома происходит процесс разубоживания минерализованных вод пресными, что отображается на петромагнитной модели (рис. 2) и является свидетельством современных геохимических процессов, а также подтверждается результатами георадиолокационных наблюдений с использованием георадара ГРОТ-12 по одному из профилей на геофизическом опытно-методическом полигоне «Белая-2» [1].

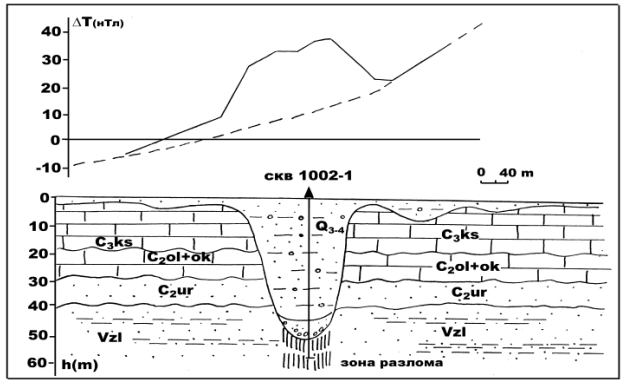


Рис. 2. Петромагнитная модель палеодолины.

На площади развития пресных подземных вод могут быть размещены водозаборы для централизованного водоснабжения таких крупных городов, как Архангельск, Северодвинск, Новодвинск. Наиболее подходящим местом для их сооружения являются долина верхнего течения р. Пачуги и

оз. Пачозеро, расположенные в 40-80 км северо-восточнее Архангельска. Здесь находится Пачугское месторождение пресных подземных вод с прогнозными запасами порядка 500 тыс. $м^3$/сут [6].

Область развития пресных некондиционных вод (2) связана с водоносными комплексами песчаников и алевролитов турьинской свиты сакмарского яруса нижней перми, песчаников и алевролитов уфимского яруса верхней перми и карбонатных пород казанского яруса верхней перми. Несмотря на сходство коллекторских свойств и состава водовмещающих пород, а также основных гидродинамических условий водоносных комплексов эта площадь выделена в качестве области пресных некондиционных вод в связи с наличием в разрезе водоносной толщи уфимских отложений верхней перми целестина, обуславливающего присутствие в подземных водах повышенных концентраций стронция [7, 8].

Минимальная мощность (вплоть до полного отсутствия) перекрывающих четвертичных отложений обнажает водовмещающий комплекс карбонатных пород казанского яруса верхней перми на поверхности. Водопроводимость пород высокая (1050 $м^2$/сут). В то же время индекс расчлененности рельефа низкий. Однако эта территория характеризуется как зона аккумуляции материала. В работе [9] отмечается, что накапливаемые в зонах относительной аккумуляции вещества могут закрепляться в почве и грунтах, вновь участвовать в поверхностном массопереносе в период весеннего снеготаяния и вовлекаться в процесс нисходящей миграции по трещинам горных пород. При нисходящей миграции солей и поллютантов возможна минерализация и загрязнение водоносных горизонтов.

Таким образом, сезонность промывания казанских водовмещающих пород способствует, с одной стороны, максимальному вымыванию стронция из пород в пресные подземные воды, с другой, его концентрации в них вследствие малого разбавления атмосферными осадками. В связи с этим, в зонах относительной аккумуляции целесообразно проводить гидрогеологический мониторинг и защитные мероприятия.

Область развития солоноватых вод (3) приурочена к областям распространения гипсов и ангидритов с прослоями доломитов, песчаников и алевролитов соткинской свиты и карбонатных пород кулогорской и полтинской свит сакмарского яруса нижней перми, а также огипсованных песчаников и алевролитов с прослоями глин, мергелей, доломитов и известняков уфимского яруса верхней перми. Область солоноватых вод приурочена к пониженным частям территории с абсолютными отметками 60-100 м, тяготеющим к долинам р. Кулой и нижних течений его левых притоков. Мощность чехла перекрывающих четвертичных отложений в пределах площади солоноватых вод минимальна, как правило, она не превышает 10-15 м, что способствует активному развитию на этой территории современных экзогенных процессов, прежде всего, карстовых.

Агрессивное воздействие атмосферных осадков в этой зоне является максимальным. За счет сильной расчлененности и высокой проводимости пород (2500 $м^2$/сутки) проникающие атмосферные осадки обеспечивают растворение значительных включений гипса и ангидрита в карбонатных

породах, что способствует смене гидрокарбонатного магниево-кальциевого химического состава подземных вод на сульфатно-кальциевый с минерализацией 2-2,5 г/л.

Для площади развития соленых вод (4) характерна повышенная мощность чехла кайнозойских образований, особенно в зонах развития переуглубленных палеодолин. В разрезах кайнозойских образований преобладают глины и суглинки морского и ледникового происхождения, они играют экранирующую роль для водоносных комплексов дочетвертичных пород, затрудняя их питание атмосферными осадками и опреснение. Кроме того, морские глины содержат практически не опресненные поровые воды с минерализацией до 35 г/л, что выше таковой у соленых вод в нижезалегающих водоносных комплексах (порядка 10-27 г/л). Это обуславливает дополнительный фактор формирования соленых вод – поступление их в водоносные комплексы из толщи глин микулинского межледниковья [5].

Таким образом, несмотря на высокие значения индекса расчлененности рельефа, водоносные комплексы венда, перекрытые с поверхности мощным слоем четвертичных образований, а также имеющие водоупор в виде микулинских глин, оказываются защищенными от растворяющей и опресняющей деятельности атмосферных осадков.

Смешанные воды (5) характерны для водоносных комплексов четвертичных отложений речных долин. Водоносный комплекс четвертичных отложений долины р. Северной Двины приурочен к толще песчано-глинистых отложений мощностью до 40-50 м. Ширина долины 2-7 км, она прорезана в микулинских и валдайских глинах и суглинках. Борта долины возвышаются над поверхностью песчаной толщи на 20-40 км; поверхность песчаной толщи превышает урез воды в реке на 3-10 м, образуя высокую пойму. Верхняя часть разреза песчано-глинистой толщи в долине р. Северной Двины представлена 3-8-метровым слоем суглинков, глин и супесей, что затрудняет инфильтрационное питание водоносного комплекса. При слое атмосферных осадков 500 мм в год на инфильтрацию уходит порядка 20 % [5].

В водоносном комплексе речной долины присутствуют как пресные, так и соленые воды. Однако их смешению препятствует максимальная толща перекрывающих отложений и низкая расчлененность рельефа, что также защищает соленые воды от деятельности атмосферных осадков; а также глинистый микулинский водоупор.

Таким образом, на равнинных территориях индекс расчлененности рельефа отражает химический состав подземных вод. Высокая расчлененность рельефа, малая толща перекрывающих коренные породы четвертичных отложений, отсутствие водоупора способствуют опреснению подземных вод за счет проникновения ультрапресных атмосферных осадков. Низкая расчлененность рельефа обуславливает невысокую интенсивность водообмена и, как следствие, – более высокую минерализацию подземных вод.

Исследование проведено в ходе выполнения государственного задания ФГБУН ФИЦКИА РАН № гос. регистрации АААА-А18-118012390305-7; а также при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-05-60024 «Анализ состояния природной среды равнинных территорий Арктической зоны РФ с использованием геоинформационных технологий и цифрового моделирования рельефа».

Литература

1. *Волкомирская Л.Б., Резников А.Е., Руденчик Е.А., Сахтеров В.И.* Георадар «Грот-12», результаты глубинного зондирования. Муром: Издательский полиграфический центр МИ ВлГУ, 2009

2. *Губайдуллин М.Г.* Геоэкологические условия освоения минерально-сырьевых ресурсов Европейского Севера России. Архангельск: Поморский госуниверситет, 2002. 310 с.

3. *Джамалов Р.Г., Злобина В.Л., Мироненко М.В., Рыженко Б.Н.* Влияние закисления атмосферных осадков на химическое равновесие. Термодинамическое моделирование // Водные ресурсы, 1996. № 5. С. 556-564

4. *Зверев В.П.* Подземная гидросфера. Проблемы фундаментальной гидрогеологии. М.: Научный мир, 2011. 260 с.

5. *Малов А.И.* Подземные воды Юго-Восточного Беломорья: формирование, роль в геологических процессах. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 234 с.

6. *Малов А.И.* Экологические функции подземных вод. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 167 с.

7. *Полякова Е.В.* Стронций в источниках водоснабжения Архангельской области и его влияние на организм человека // Экология человека. Архангельск: СГМУ, 2012. № 2. С. 9-14

8. *Полякова Е.В.* Стронций-содержащие воды Юго-Восточного Беломорья. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 102 с.

9. *Флоринский И.В.* Теория и приложения математико-картографического моделирования рельефа: дисс… д-ра техн. наук. Пущино, 2010. 267 с.

10. *Reily Shawn J., DeGloria Stephen D., Elliot Robert A*. Terrain Ruggedness Index That Quantifies Topographic Heterogeneity. Intermountain Journal of Science, 1999. Vol. 5(1-4). P. 23-27

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РАЙОНЕ ПРОИЗВОДСТВА РТУТИ И СУРЬМЫ (КЫРГЫЗСТАН)

И.А. Торгоев

Институт геомеханики и освоения недр НАН КР, г. Бишкек, ул. Медерова 98,
E-mail: isakbektor@mail.ru

Хайдаркан-Кадамжайский горнопромышленный район, расположенный в средней части Южно-Ферганского ртутно-сурьмяного рудного пояса, занимал ведущее место в бывшем Советском Союзе по производству ртути и сурьмы. В конце 80-х годов XX века в этом районе производилось 100% сурьмы и 65% ртути в СССР. Промышленная добыча сурьмы на Кадамжайском сурьмяном комбинате (КСК) была начата в 1936 г., а ртути на Хайдарканском ртутном комбинате (ХРК) – в 1941 г. Особенно интенсивно эти месторождения эксплуатировались в военные и послевоенные годы.

Длительная добыча и переработка ртутно-сурьмяных руд в рассматриваемом районе Кыргызстана, привела к накоплению огромного количества отходов добычи (отвалы горных пород), обогащения (хвосты обогащения) и металлургического передела (шламы, шлаки и огарки) местных руд (табл.1), которые размещены в долинах селеопасных рек бассейна Сырдарьи и нависают над густонаселёнными районами Ферганской долины (рис.1).



Рис.1. Объекты КСК, нависающие над жилыми районами Кадамжая; стрелкой показана р. Шахимардан, стекающая в густонаселённые районы Ферганской долины.

Как известно, в результате всех видов деятельности, связанных с освоением недр (разведка → добыча → обогащение и переработка → металлургический передел), на земную поверхность выносится и складируется огромное количество горных пород, хвостовых материалов, шламов и шлаков (рис.2), которые в рассматриваемом районе содержат значительные количества тяжёлых металлов. В их число входят ртуть (Hg) и сурьма (Sb), оказывающие негативное воздействие на состояние окружающей природной среды [1]. Эксперты ВОЗ относят ртуть и сурьму к веществам, представляющим наибольшую опасность для здоровья людей и состояния биоты.

Таблица 1

Общие сведения об отходах ХРК и КСК [1]

Наименование отходов	Хайдаркан (тыс. тонн)	Кадамжай (тыс. тонн)
Отвалы горных пород	135527	840
Хвосты обогащения	3924	5963
Шлаки (огарки) и штейны металлургического производства	12690	272
Шламы металлургического производства	185	433

Производство металлической ртути на ХРК осуществлялось пирометаллургическим способом с помощью плавки руды, содержащей киноварь, во вращающихся печах (рис.2). Металлическая ртуть в этом процессе отделяется в испарителе. Жидкая ртуть собирается из пара в конденсационной колонне, затем очищается и заливается в металлические баллоны. Получение флюоритового и сурьмяного концентратов осуществляется гидрометаллургическим способом со складированием отходов в хвостохранилище.

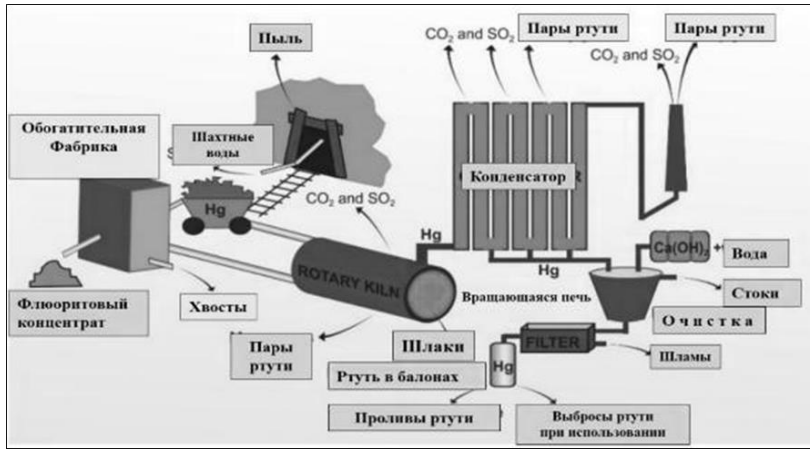


Рис.2. Технологическая схема производства ртути и флюорита на ХРК и источники их воздействия на окружающую среду.

Биогеохимические и медицинские исследования, много лет проводившиеся в Хайдаркан-Кадамжайском горнопромышленном районе [2-4], показали, что содержание ртути и сурьмы практически во всех компонентах окружающей среды значительно превышали фоновые значения для другого (контрольного) района в Уч-Кургане. Например, содержание ртути в почве в г. Хайдаркане в 13 раз превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК). Концентрация ртути в овощах и фруктах, выращенных в районе Хайдаркана, превышала ПДК в 10 раз. В исследовании сообщаются фоновые значения ртути в почве, питьевой воде и воздухе соответственно 0,39 мг/кг, 0,075 мкг/л и 0,95 нг/м^3[5].

В результате комплексных исследований [2-4] было установлено существенное превышение установленных ПДК для объектов окружающей среды по ртути – в 70%, а по сурьме – в 84% отобранных проб, причем максимальное превышение ПДК зарегистрировано в почве. Примечательно, что наиболее высокие концентрации сурьмы в почве отмечались на расстояниях до 500 м от источников выбросов и загрязнения (отвалы, хвостохранилища). По мере удаления от комплекса объектов комбината концентрация сурьмы снижается, однако и на расстоянии 5 км содержание ее в почве остается высоким и превышает в 60-200 раз её кларк в земной коре.

Сходные результаты получены и в других более поздних исследованиях, [5]. Уровень ртути в почве и донных отложениях в районе Хайдаркана согласно этим исследованиям оказался высок: от 0,4 до 8795 мкг/г. Концентрация ртути в хвостохранилище обогатительной фабрики ХРК, в отложениях на дне прудка (рис.3) составляла 353 мкг/г. Эта концентрация ртути достаточно высока и может служить свидетельством неадекватного содержания отходов на ХРК и КСК.

Уровни других, связанных с ртутью тяжелых металлов, оказались также высоки, особенно для сурьмы (Sb), кадмия (Cd) и мышьяка (As), концентрация которых значительно превышает фоновые значения. Повышенные уровни были обнаружены также для свинца (Pb) и цинка (Zn). Предполагается, что загрязнение от этих тяжелых металлов в районе является результатом многолетней деятельности ХРК. Статистический анализ, выполненный в этом исследовании, подтверждает, что ХРК является крупным вкладчиком в повышенные уровни Hg, Sb, Cd, As, Pb и Zn в окружающей среде по сравнению с локальными фоновыми уровнями [5].

Процедура последовательной экстракции в процессе цитируемых исследований [5] показала, что в отобранных образцах почвы и отложений ртуть существует в основном в остаточной форме (как HgS или включена в силикаты). Постепенно ртуть вероятно мобилизуется из отходов в виде коллоидов или частиц остаточной ртути. Высокие уровни ртути в долине ручья Шахтный, ниже хвостохранилища указывают на то, что большая часть этой ртути мобилизуется во время периодических паводков. Высокие уровни растворенной ртути были обнаружены в дренажных водах из

хвостохранилища и из-под отвалов огарков. Поэтому ртуть также мобилизуется в растворимой форме из отходов.

Отвалы и хвостохранилища в Хайдаркане и Кадамжае не рекультивированы (рис.3), что обуславливает распространение загрязняющих веществ в окружающей среде и приводит к загрязнению атмосферы, почвы и воды. Отсутствие ограждений позволяет животным получить доступ к зараженным участкам для выпаса и водопоя. Вода, просачивающаяся из хвостохранилища ХРК стекает в ручей Шахтный. В пробах воды из этого водотока, вытекающего из шахты «Новая» и, используемого для орошения сельскохозяйственных угодий, в 2018 г. были обнаружены повышенные содержания мышьяка 35.1 мкг/л и сурьмы 113 мкг/л при ПДК соответственно -10 и 5 мкг/л.

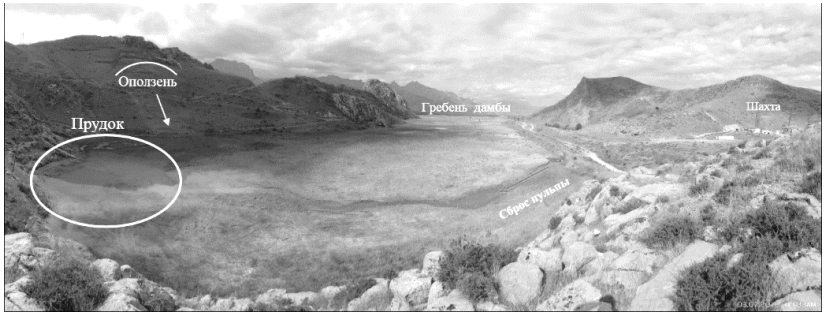


Рис.3. Действующее хвостохранилище ХРК, расположенное в долине.

Результаты определения содержания сурьмы в водах реки Шахимардан-Сай на различных участках, в том числе и выше по течению от КСК, свидетельствуют, что в 74% исследованных проб ее концентрация превышает ПДК для водоемов (0,05 мг/л). Наибольшие концентрации сурьмы определены в зоне размещения объектов комбината, у пос. Кадамжай (0,4±0,12 мг/л) и ниже, у пос. Пульгон (0,64±0,024 мг/л), что в сто и более раз выше, чем ПДК [1]. Выше комбината и пос. Кадамжай содержание этого элемента уменьшается примерно в 2-3 раза ниже, но тем не менее превышает ПДК, что указывает на высокое природное содержание сурьмы в водах реки. В связи с тем, что воды реки используются для питьевого водоснабжения и полива сельхозугодий, расположенных ниже КСК, отмечается увеличенное поступление сурьмы в организм человека, животных и в растения.

Во всех исследованных растительных продуктах, собранных из районов поливного земледелия сурьмяной биогеохимической провинции, содержится сурьма, причем концентрация элемента в них колеблется в широких пределах – от следовых количеств в гранатах и до 6,4 мг/кг в баклажанах, капусте. Растениями – концентраторами сурьмы оказались: персики, грецкие орехи, помидоры, дыни, арбузы, лук, картофель и особенно чеснок – 8,0 мг/кг [1]. Из продуктов животного происхождения наибольшее количество сурьмы определялось в молоке (6,6 мг/л).

Результаты исследований и анализа отобранных проб позволяют сделать вывод, что территория вокруг ХРК и КСК, включая жилую зону посёлков и прилегающие сельскохозяйственные земли, а также природные водотоки характеризуются повышенным содержанием ртути, сурьмы и мышьяка. Во многих случаях концентрации ртути и сурьмы в сельскохозяйственных почвах, донных отложениях рек, отложениях, образовавшихся в результате сброса сточных вод, и атмосферном воздухе превышают нормативы качества окружающей среды, принятые в Кыргызстане.

Полученные в работах [1-5] данные о фактическом содержании сурьмы и ртути в различных компонентах окружающей среды позволили установить реальную нагрузку на организм людей в зоне биогеохимической провинции и контрольном регионе (пос. Уч-Курган). Расчет техногенной ртутной нагрузки на организм различных возрастных групп населения ртутной провинции показал, что она составляет от 181,1 до 341,3 нг/сутки при средней величине 265,5 нг/сутки. Максимальная аэрогенная ртутная нагрузка приходится на детское население Хайдаркана, ее уровень в 1,9 раза выше по сравнению с взрослыми и составляет 341,4 нг/сутки. Сурьмяная нагрузка на организм людей в зоне сурьмяной биогеохимической провинции составила в среднем - 8,54 мг/сутки. До 91% от общего суточного количества сурьмы человек получает с пищей и водой, а 8,5 % с вдыхаемым воздухом.

Повышенное поступление ртути в организм рабочих при профессиональном контакте с ней, а также высокие уровни ртутной нагрузки на население в условиях проживания в ртутной биогеохимической провинции дает определенные сдвиги в микроэлементном составе, при которых поступление отдельных элементов увеличивается или уменьшается, что, в свою очередь, может способствовать возникновению определенных заболеваний (микро- и макроэлементозов), обусловленных не прямым токсическим воздействием ртути, а дефицитом или избытком тех или иных микроэлементов [1].

Следовательно, высокий уровень общей неинфекционной заболеваемости населения в ртутной и сурьмяной биогеохимических провинциях можно связать со снижением резистентности организма, вызванного ухудшением показателей иммунитета, что подтверждается иммунологическими исследованиями. Установлено, что длительное и интенсивное воздействие ртути и сурьмы в производственных условиях оказывает влияние на уровни и причины смертности работающих в отдаленном периоде. В структуре причин смерти работающих ртутного производства первое место занимают злокачественные новообразования (20,8% у мужчин и 40,0% у женщин); на втором - болезни сердечно-сосудистой системы (17,8%), а у женщин болезни мочевыделительной системы (25,7%). В структуре причин смерти от злокачественных новообразований у мужчин на первом и втором местах стояли рак органов пищеварения (69,6%) и дыхания (29,1%), а у женщин - рак органов пищеварения (57,1%) и половых органов (35,7%).

У работников, занятых в производстве сурьмы, уровни, причины и структура смертности были отличны от таковой для работающих в производстве ртути. Первое место занимают болезни сердечно-сосудистой

системы - 27,1% у мужчин и 25,0% у женщин; на втором месте злокачественные новообразования (12,8 и 22,7% соответственно), а на третьем - болезни органов пищеварения и дыхания (12,4 и 9,1% соответственно).

Как следует из приведенных данных, повышенные риски смерти в наблюдаемых коллективах рабочих, имевших в прошлом контакт с ртутью и сурьмой, обуславливаются заболеваниями тех органов и систем, которые являются "мишенями" токсического воздействия этих металлов [1].

Таким образом, наличие крупного рудного пояса в южном горном обрамлении Ферганской впадины, из которого длительное геологическое время происходила естественная миграция сурьмы и ртути, способствовало формированию в рассматриваемом районе природно-обусловленной сурьмяной и ртутной биогеохимических провинций (аномалий). В дополнение к этому многолетняя деятельность КСК и ХРК привела, к техногенному загрязнению окружающей среды, что в сочетании с природной биогеохимической аномалией обусловило высокую концентрацию сурьмы и ртути в атмосферном воздухе, почве, поверхностных и подземных водах, биоте рассматриваемого района.

В связи со значительным сокращением после 2006-2009 гг. производства ртути и особенно сурьмы, выбросы предприятий ХРК и КСК в атмосферу, поверхностные воды значительно сократились, однако огромное количество отходов в районе этих комбинатов еще долгие годы и десятилетия будут оказывать неблагоприятное воздействие на окружающую среду и здоровье населения.

Результаты биомедицинских исследований показывают, что загрязнение ртутью и сурьмой окружающей среды создает опасность неблагоприятного воздействия этих металлов на здоровье население в ближайшем и отдаленном периодах, что требует применения комплекса санитарно-гигиенических, медико-профилактических, технологических и природоохранных мероприятий, направленных на улучшение экологической ситуации в районе этих комбинатов. К числу приоритетных мероприятий следует отнести безотлагательную рекультивацию хранилищ отходов ХРК и КСК, в первую очередь хвостохранилищ, грандиозных отвалов огарков и шлаков.

Литература

1. Торгоев И.А., Алёшин Ю.Г. Геоэкология и отходы горнопромышленного комплекса Кыргызстана. Бишкек: ИЛИМ, 2009. с. 105-111

2. Шаршенова А.А., Омурзакова К.С., Саипбаев Б.С. и др. Актуальные аспекты экологического мониторинга ртутно-сурьмяного биогеохимического региона. – Бишкек: 2000. 226 с.

3. Sharshenova, A.A., Dulatova G.M., Bezverkhnyaya Z.A., Kobzar V.N. and Arzygulov,K.S. The problem of mercury in the biogeochemical province in Kyrgyzstan. Toxicology Letters, 1995, 78. pp 74-75.

4. Техническая оценка экологических вопросов, связанных с производством первичной ртути в Кыргызстане. - Сентябрь 2009, Женева

5. Solberg K. Heavy metal levels and mercury speciation in water, soil and sediments in a highly contaminated mining area in Khaidarkan, Kyrgyzstan. Thesis for the Master's degree in chemistry – University of Oslo: 2009. 173 p.

ТРАНСФОРМАЦИЯ КАЧЕСТВА РЕСУРСА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА БАССЕЙНА Р. МЕДВЕДИЦА (ВОЛГОГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ) ПОД ВЛИЯНИЕМ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

М.А. Харькина[1], К.Д. Светашова[1,2]

[1]Геологический факультет, МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва. E-mail: kharkina@mail.ru
[2]ФГБУ «Гидроспецгеология», ул. Маршала Рыбалко, д. 4, г. Москва.
E-mail: svetashova_kseniya@mail.ru

Горнодобывающая деятельность относится к числу тех видов техногенного вмешательства, которые оказывают массированное воздействие на все природные компоненты, что соответственно чрезвычайно сильно отражается на ресурсном потенциале и качестве не только отведенного под нее геологического пространства, но и прилегающих территорий [6]. Практически все виды горной добычи относятся к весьма «землеемким» отраслям народного хозяйства, поэтому обширное развитие подобных предприятий на территории заметно снижает общий лимит пространства под любые другие виды деятельности [9]. В целом при крупномасштабном развитии горнодобывающей отрасли в каком-либо районе ее можно рассматривать как фактор локальной и даже региональной трансформации ресурсного потенциала и его качества [7].

Объектом исследования является участок северо-западной части Приволжской возвышенности, где самой крупной рекой является Медведица, а самым крупным городом − Котово (Волгоградская область). Территория расположена на юго-восточном погружении Воронежской антеклизы, в восточной части Русской равнины.

Для горнодобывающих районов характерны глубинные нарушения (больше 100 м), которые, в первую очередь, оказывают негативное влияние на почвы, грунты, подземные воды и биоту.

Наибольшую экологическую опасность для бассейна р. Медведица представляют нефтяные, газовые и рудные промыслы, которых на территории значительное количество – 15 нефтяных месторождений (Коробковское, Ключевское, Нижне-Коробковское, Котовское, Голубковское, Мирошниковское, Бурлукское, Тарасовское, Дорошевское, Ломовское, Березовское, Ново-Коробковское, Северо-Дорожнинское, Фроловское, Дудачинское), 1 газовое месторождение (Моисеевское) и 3 рудных (Мокроольховское Южное, Мокроольховское Северное, Чижевское). Промыслы являются потенциальными очагами загрязнения, т.к. разрабатываемые месторождения представляют собой сложный природно-производственный комплекс с наличием технологического оборудования,

хозяйственно-бытовых сооружений, количество и мощность которых приняты с учетом количества утвержденных запасов нефти, газа и руды.

Коробковское месторождение, расположенное на левобережье р. Медведица - самое крупное из месторождений нефти и газа на исследуемой территории. Оно включает около 84 добывающих, 14 нагнетательных и около 60 скважин контрольных и водозаборных. Каждая из скважин является технологическим объектом воздействия на экосистему. Подсчитанные извлекаемые запасы нефти составляют 5732 тыс. т., газа – 70957 млн. $м^3$, конденсата -160 тыс.т и гелия - 8701 тыс.$м^3$. Месторождение эксплуатируется [3]. При разработке месторождения происходит трансформация качества ресурса геологического пространства за счет загрязнения буровыми растворам, утечек из шламохранилищ, потерь продукции из нефтепроводов и водопроводов при аварийных разливах, утечек при проведении профилактических работ на добывающих и нагнетательных скважинах, фильтрации нефти и пластовых вод из накопителей отходов, нефтеловушек, неуправляемого фонтанирования нефтью и высокоминерализованными водами при строительстве скважин.

Мокроольховское месторождение железных руд, также расположенное на левобережье р.Медведица, но выше по течению, является одним из основных источников физического техногенного воздействия на литосферу: химическое загрязнение горных пород, поверхностных и подземных вод; изменения УГВ; провоцирование антропогенного выветривания; отвалообразование, складирование продукции; работы механических агрегатов – все это в той или иной мере пагубно влияет на все эколого-геологические условия. Общие запасы железных руд по Мокрохольскому месторождению, подсчитанные до глубины 100 м, оцениваются в количестве 2082 млн. т., в том числе по южному участку – 1347 млн. т., по северному – 735 млн. т. [8].

Влияние добычи рудных ископаемых на качество ресурса геологического пространства проявляется в следующем: в создание антропогенных форм рельефа (карьеры, отвалы пустых пород); в активизации геологических процессов (дефляция, ручейковая эрозия); в механическом нарушении почв и их химическом загрязнении.

Для изучения почв была разработана сеть опробования почвенного покрова: 1 проба на 4 $км^2$. Отбор проб производился по методу "конверта". Исследования проводились в лаборатории спектральным анализом по 19 элементам. Всего было отобрано 1000 проб [8].

Из поверхностных водоемов (рек, прудов, озер) во время полевых работ отобрано 85 проб воды на определение микрокомпонентного состава по 32 элементам, а также в процессе съемочных работ были опробованы донные осадки и составлены карты фактического материала масштаба 1:200 000, пробы отобраны в тех же точках, что и пробы воды. Донные осадки в количестве 85 проб исследовались спектральным анализом по тем же 32 элементам, что и поверхностные воды [8].

Для отбора фитопроб на определение содержания тяжелых металлов в растительности, были использованы растительные остатки пшеницы в количестве 40 проб.

Исследование компонентов экосистемы: почвы, донных отложений, поверхностных вод и растительности на содержание химических элементов выявило множество превышений ПДК. Для каждого компонента использовались свои нормативные документы: почвы и донные отложения - ГН 2.1.7.2041-06 [2] (для донных отложений документа не имеется, поэтому в работе использовался нормативный документ для почв); поверхностные воды - ГН 2.1.5.1315-0 [1]; растительные остатки пшеницы – СанПиН 2.3.2.560-96 [5].

Оценка почв и донных отложений происходит по суммарному показателю загрязнения (Zc), поверхностных вод по индексу загрязнения воды (ИЗВ), растительности по доминанте наихудшего показателя.

По изучению всех выявленных показателей основными загрязняющими элементами, которые были зафиксированы в почве являются: никель (Ni), медь (Cu), свинец (Pb), цинк (Zn), кадмий (Cd) и ванадий (V).

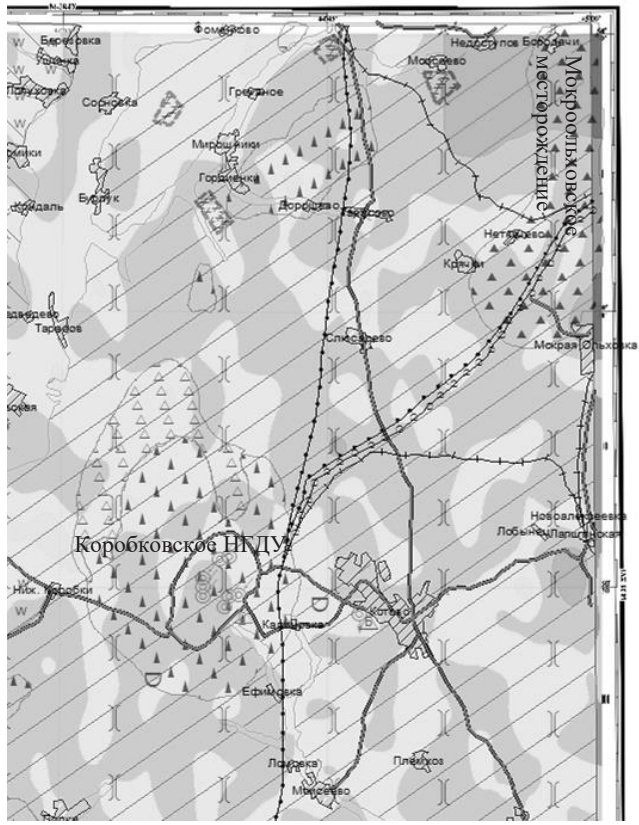


Рис.1. Оценка состояния почв бассейна р.Медведица по суммарному показателю загрязнения. Условные обозначения см. рис. 2.

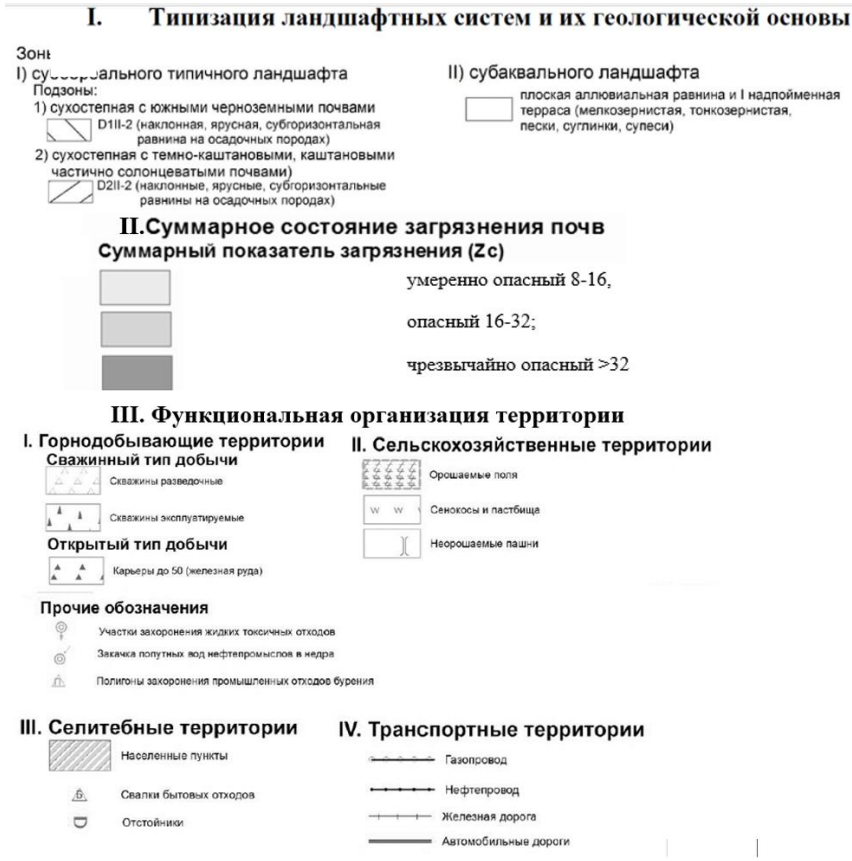


Рис.2.Условные обозначения к карте оценке состояния почв бассейна р. Медведица.

По карте состояния почв по Zc масштаб 1:200 000 наименее загрязненными являются северо-западная и юго-восточная окраины территории, однако даже здесь Zc превышает 8, т. е. превышает допустимый уровень загрязнения. К чрезвычайно опасным (Zc>32) можно отнести около 10% территории по загрязнению почв. Почвы с чрезвычайно опасной степенью загрязнения приурочены к участкам открытой добычи железной руды (Макроольховское месторождение) на левобережье р. Медведицы (рис.1).

В целом на горнодобывающих территориях чрезвычайно опасная степень загрязнения почв (Zc>32) выявлена в районе открытой добычи железной руды, относительно меньшее воздействие оказывает скважинный тип добычи. На территориях со скважинным типом добычи минимальные значения Zc (преимущественно от 8 до 16, соответствующие умеренно опасному уровню загрязнения) получены для площадей с разведочными скважинами, которые еще не эксплуатируются, а наибольшие показатели Zc

приурочены к площадям расположения эксплуатационных скважин Коробковского нефтегазадобывающего управления, где показатели колеблются от 16 до 32, что соответствует опасному уровню загрязнения (рис.3).



Рис.3. Состояние почв на горнодобывающей территории по суммарному показателю загрязнения (Zc). Примечания: 1. Горизонтальными линиями отмечены уровни загрязнения почв по Zc (СанПиН 2.1.7.1287-03): меньше 8 – допустимый, 8-16 – умеренно опасный, 16-32 – опасный, больше 32 – чрезвычайно опасный; 2. Цифры на графике соответствуют номерам точек опробования (Т.н.) с максимальными значениями Zc.

Таким образом, установлено, что интенсивная техногенная трансформации качества ресурса геологического пространства бассейна р. Медведица происходит под влиянием горнодобывающей деятельности. Главными источниками техногенной нагрузки являются Мокроольховское месторождение железной руды, разрабатываемое открытым способом, а также эксплутационные участки Коробовского месторождения нефти и газа. Выявлено шесть основных элементов-загрязнителей почв: никель (Ni), медь (Cu), свинец (Pb), цинк (Zn), кадмий (Cd) и ванадий (V).

На карте состояния почв бассейна р.Медведица масштаба 1:200 000 по суммарному показателю загрязнений выявлены: умеренно-опасная, опасная, чрезвычайно опасная - степени загрязнения. Чрезвычайно опасная степень загрязнения почв приурочена к району открытой добычи железной руды.

Литература

1. Гигиенические нормативы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: ГН 2.1.5.1315-03. - М: Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2003.

2. Гигиенические нормативы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: ГН 2.1.7.2041-06. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. — 15 с.

3.Нефтегазодобывающее управление Коробковское ООО «Лукойл-Нижневолжскнефть» [Электронный ресурс] URL: https://neftegaz.ru (дата обращения 28.09.18)

4. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.7.1287-03 Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации16 апреля 2003 года (с изменениями на 25 апреля 2007 года)
5. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.3.2.560-96 "Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов" утверждены постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 24 октября 1996 г. N 27. С изменениями от 11 октября 1998 г., 21 марта 2000 г., 13 января 2001 г.
6. Трансформация экологических функций литосферы под влиянием горнодобывающей промышленности / *В.Т. Трофимов, Т.А. Барабошкина, А.Д. Жигалин, М.А. Харькина* // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический. 2005. Т. 80, № 6. С. 42–55.
7. *Трофимов В.Т., Хачинская Н.Д., Цуканова Л.А., Юров Н.Н., Королев В.А., Григорьева И.Ю., Харькина М.А.* Геологическое пространство как экологический ресурс и его трансформация под влиянием техногенеза – М.: Издательство «Академическая наука» - Геомаркетинг, 2014, 566с.
8. ФГБУ "Гидроспецгеология", Центр ГМСН и РР [Электронный ресурс] URL http://www.geomonitoring.ru (дата обращения 28.09.18)
9. Эколого-геологические условия России. Трансформация экологических функций литосферы территории России под влиянием антропогенного воздействия и ее экологические последствия. / *В. Т. Трофимов, М. А. Харькина, Т. А. Барабошкина и др*. Том 2. М.: "КДУ", "Университетская книга" Москва, 2016. 280 с.

СОСТАВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НА УЧАСТКЕ ПЛАНИРУЕМОГО ГОРНО-ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ТЕРРИТОРИИ ВКМКС

И.В. Щукова, И.А. Крутик

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

Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей (ВКМКС) является основой калийной промышленности РФ и вторым в мире по величине запасов (содержит 31,4% мировых запасов хлористого калия). Уже несколько десятков лет добыча калийно-магниевых солей ведется шахтным способом с глубины 200-400 м. Обогащение полезных ископаемых и производство товарной продукции производится на предприятиях, в непосредственной близости от стволов шахт. В результате многолетней соледобычи на территории Березниковско-Соликамского промузла сформировались источники загрязнения окружающей среды – обогатительные фабрики с присущими им выбросами и водосбросами, солеотвалы, состоящие в основном из хлористого натрия и достигающие в высоту 120 м, рассолосборники и шламохранилища, концентрация рассолов в которых превышает 300 г/дм^3.

На месторождении выделено 14 участков детальной разведки. Из них на территории шести – рудоуправления функционируют, на двух – рудники и обогатительные фабрики строятся, одно затоплено, площадь пяти участков является резервной (или планируемой к освоению).

Экологическая обстановка вокруг функционирующих калийных рудников достаточно хорошо изучена [1-3, 5-7, 9, 11, 12 и мн. др.] – существенное влияние на все компоненты природной среды при переработке калийных руд связано с химическим воздействием отходов производства, которые благодаря высокой растворимости обусловливают развитие процессов засоления грунтов, поверхностных и подземных вод.

Авторами проведен анализ современного состояния природных вод на Половодовском участке детальной разведки ВКМКС, планируемом к освоению в ближайшей перспективе.

Общая характеристика района исследований. Территория исследования расположена в центральной восточной части месторождения северо-восточней г. Соликамска. На участке расположены населенные пункты – Половодово, Черное, Лога, Попова-Останина, Тренина, Харюшина. По территории проходят линии электропередачи и связи, газопроводы и нефтепроводы, автодороги грунтовые и с асфальтовым покрытием. У населенных пунктов располагаются немногочисленные дачные участки.

Территория покрыта смешанными и хвойными лесными массивами и кустарниковой растительностью, сельскохозяйственными угодьями, которые в настоящее время мало используются. Климат района континентальный, с

умеренно-суровой, длительной, снежной зимой и умеренно-теплым, коротким летом, что обусловлено его расположением в восточной части Европейской равнины в предгорьях Уральских гор. Среднегодовая сумма атмосферных осадков 650-700 мм, годовое количество осадков превышает возможное испарение, поэтому увлажнение избыточное. Речная сеть на исследуемой территории включает в себя реки – Усолка, Боровая, Козловка, Ростовица, Клестовка, Потымка, а также ряд водотоков периодического действия, приуроченных к овражной сети. В поймах большинства рек много озер-стариц, большие пространства занимают болота, как в приречных долинах, так и на пониженных участках водоразделов. Гидрографическая сеть полностью принадлежит левобережной части бассейна р. Камы. Крупнейшими реками являются Усолка и Боровая. Северная часть территории расположена на водосборной площади р. Боровой, южная – на водосборе р. Усолки. В питании рек преимущественное значение имеют снеговые воды. Зимой реки питаются запасами подземных вод. Кроме естественных источников в питании рек важное значение имеют техногенные, обусловленные влиянием производственной деятельности третьего соликамского рудоуправления ПАО «Уралкалий». Небольшое влияние на режим рек могут оказывать населенные пункты, вдоль которых они протекают.

Геологический разрез зоны активного водообмена представлен терригенными, терригенно-карбонатными породами пермской системы (P_1šš, P_1sl_2, P_1sl_1) и болотными, аллювиальными, флювиогляциальными, элювиальными отложениями четвертичного возраста (pgQ, aQ, fQ, eQ). Характерной особенностью разреза является его загипсованность и известковистость. Собственно месторождение сложено солями нижнепермской галогенной формации (P_1sl_1) Соликамской впадины [7].

По схеме гидрогеологического районирования территории России исследуемый район относится к северной части Предуральского артезианского бассейна Восточно-Европейской системы артезианских бассейнов, к Северо-Предуральскому бассейну блоково-пластовых вод – индекс III-7А [7].

В целом в пределах исследуемой площади техногенное (антропогенное) воздействие испытывает небольшая часть территории – порядка 5 %, занятая населенными пунктами, объектами инфраструктуры.

Результаты исследования. Исследования химического состава природных вод включали определение HCO_3^-, SO_4^{2-}, Cl^-, CO_3^{2-}, NO_3^-, NO_2^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+ и K^+, NH_4^+, $Fe_{общ.}$, сухого остатка, общей минерализации, pH, перманганатной окисляемости, ХПК, БПК, общей жесткости, взвешенных веществ и микроэлементов – Li, Be, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Sr, Zr, Mo, Cd, Sn, Te, Cs, Ba, W, Pb.

Результаты гидрохимических исследований поверхностных вод сравнивались с нормативами предельно допустимых концентраций для водных объектов рыбохозяйственного значения ($ПДК_{рх}$) [8]. Характеристика основных гидрохимических показателей состава вод дана по справочным материалам [4]. Всего проанализировано порядка 250 проб за 2010-2018 гг.

Характеристика химического состава вод дана по классификации Г.А. Максимовича [10], согласно которой, тип вод или гидрохимическая фация, определяется преобладающими ионами по содержанию в весовой форме.

Согласно результатам гидрохимических исследований ***воды р. Усолки и ее притоков*** пресные с минерализацией 0,05-0,50 г/дм^3. Преобладающая гидрохимическая фация водотоков гидрокарбонатно-кальциево-сульфатная, что соответствует условиям ненарушенного режима (рисунок 1). Менее распространена гидрокарбонатно-кальциево-магниевая фация, которая характеризует воды р. Усолки в летний меженный период.

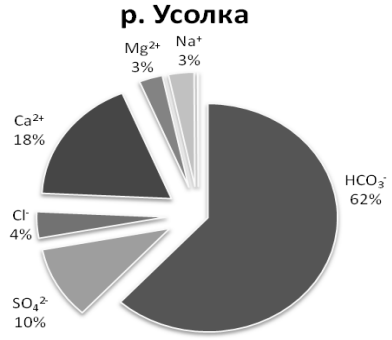


Рис. 1. Химический состав вод р. Усолки.

Воды мягкие, по величине водородного показателя преимущественно слабощелочные (pH от 6,3 до 8,0). Основные показатели ионного состава вод в целом соответствуют нормируемым требованиям [8], за исключением общего железа, превышения ПДК$_{рх}$ зафиксированы во всех водотоках (от 0,18 до 5,4 мг/дм^3 при ПДК$_{рх}$ 0,1 мг/дм^3). Помимо этого, зафиксированы повышенные концентрации азотистых соединений (NH_4^+ и NO_2^-). Содержание NH_4^+ в период весеннего половодья в среднем до 0,70 мг/дм^3 при ПДК$_{рх}$ 0,05 мг/дм^3. Максимальное превышение NH_4^+ достигает 46 ПДК$_{рх}$. В период летней межени среднее содержание NO_2^- составляет 0,20 мг/дм^3 при ПДК$_{рх}$ 0,08 мг/дм^3. Несколько повышенные значения перманганатной окисляемости (от 2,4 до 26,7 мгО/дм^3 при средних значениях 5-10 мгО/дм^3 по [4]) и ХПК – это результат влияния органических веществ естественного происхождения, поступающих из болот и торфяников.

Микроэлементный состав речных вод характеризуется пестрым обликом. Повышенные концентрации зафиксированы по меди (до 3,5 ПКД), селену и молибдену до 2 ПДК$_{рх}$, стронцию (до 3 ПДК$_{рх}$). Стабильно отмечается повышенное содержание ванадия (до 3 ПДК$_{р.х}$) и марганца (до 3,5 ПДК$_{р.х}$).

Согласно результатам гидрохимических исследований, ***воды р. Боровой и ее притоков*** пресные с минерализацией 0,01-0,50 г/дм^3. Гидрохимическая фация преимущественно гидрокарбонатно-кальциево-сульфатная, что соответствует условиям ненарушенного режима. Замыкающий створ на

р. Боровой характеризуется различными сочетаниями гидрохимических фаций – гидрокарбонатно-хлоридно-кальциевой (рис. 2), гидрокарбонатно-хлоридно-натриевой, гидрокарбонатно-кальциево-сульфатной, гидрокарбонатно-кальциево-хлоридной. По величине жесткости воды мягкие, по величине pH преимущественно слабощелочные.

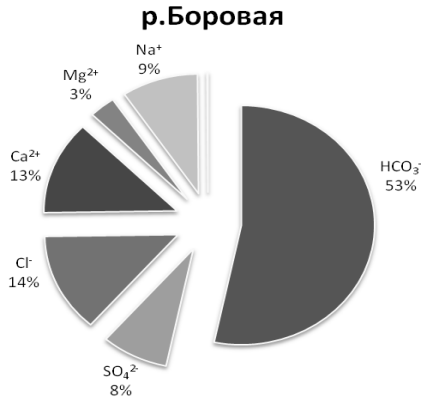


Рис. 2. Химический состав вод р. Боровой.

Основные определяемые показатели ионного состава соответствуют нормируемым требованиям [8]. Исключением является содержание общего железа, концентрация которого от 0,05 до 8,00 мг/дм^3 (при ПДК$_{рх}$ 0,1 мг/дм^3).

Значения перманганатной окисляемости вод р. Боровой изменяются от 14 до 22,7 мгО/дм^3, р. Потымки – достигают 50 мгО/дм^3, при значениях считающихся средними 5-10 мгО/дм^3 (по [4]).

Анализ микрокомпонентного состава поверхностных вод бассейна р. Боровой показал, что превышения ПДК$_{рх}$ практически во всех створах отмечаются для марганца (до 8 ПДК$_{рх}$), ванадия (до 4 ПДК$_{рх}$), незначительное превышение у стронция (до 1,4 ПДК$_{рх}$), молибдена (до 1,4 ПДК$_{рх}$). Помимо этого, зафиксированы единичные превышения по меди, цинку до 4 ПДК$_{рх}$ и селену до 1,5 ПДК$_{рх}$.

Факторы и процессы, обусловливающие повышенные концентрации показателей химического состава вод, преимущественно природные.

Вероятной причиной повышенных значений *азотистых соединений* в р. Усолке является антропогенная составляющая, поскольку выявленные концентрации исследуемого показателя зафиксированы в створах, расположенных вблизи населенных пунктов и транспортных магистралей.

Стабильно высокое содержание *железа общего* во всех водотоках территории связано с повсеместным распространением в верхней части геологического разреза терригенных отложений шешминского горизонта пермской системы, в толще которого нередко встречаются медистые и железистые песчаники. Другим источником металла могут быть процессы заболачивания территории. В частности, заболоченность областей питания водоносных горизонтов

обусловливает поступление в них болотных вод, содержащих образующиеся в процессе торфообразования органические вещества. В их состав обычно входят гуминовые и фульвокислоты. Причём многие металлы с гуминовыми кислотами образуют малорастворимые соединения, а с фульвокислотами – напротив, вещества (преимущественно в виде коллоидов и взвеси), относительно легко накапливающиеся и мигрирующие в природных водах [4]. Можно считать, что повышенная концентрация железа общего является естественной региональной геохимической особенностью территории Западного Урала.

Значительное и повсеместное превышение по *меди* так же объясняется естественной региональной особенностью Западного Урала и связано с повсеместным распространением в верхней части геологического разреза терригенных отложений шешминского горизонта пермской системы, в толще которого встречаются медистые песчаники.

Марганец в поверхностные воды поступает в результате выщелачивания железомарганцевых руд и других минералов, содержащих этот элемент, в процессе разложения водных животных и растительных организмов, особенно сине-зеленых, диатомовых водорослей и высших водных растений. Факторами, определяющими изменения концентраций марганца, являются интенсивность потребления его при фотосинтезе, разложение фитопланктона, микроорганизмов и высшей водной растительности, а также процессы осаждения его на дно водных объектов.

Одним из главных источников загрязнения природных вод *ванадием* являются нефть и продукты ее переработки, а также сжигание углеводородного топлива (например, выбросы автомобилей).

Повышенное содержание *селена*, *молибдена* и *стронция* в природных водах, прежде всего, обусловлено вымыванием, выщелачиванием их из минералов, содержащих эти элементы. Кроме того, в небольших количествах *селен* может содержаться в сульфидных минералах меди, цинка и свинца.

Цинк попадает в природные воды в результате протекающих в природе процессов разрушения и растворения горных пород, а также со сточными водами рудообогатительных фабрик.

Выводы. Поверхностные воды территории не подвержены значительному техногенному влиянию, их гидрохимический режим формируется преимущественно под влиянием природных факторов.

К техногенным источникам можно отнести населенные пункты, сельскохозяйственные угодья, автотранспорт и разработку нефтегазовых месторождений в границах территории исследований (Логовское, Жилинское, Чашкинское и Бельское месторождения).

Полученные результаты исследования могут быть использованы в качестве условно фоновых показателей для оценки степени воздействия на компоненты окружающей среды на этапе строительства и функционирования горно-химических объектов.

Литература

1. *Белкин П. А., Катаев В. Н.* Закономерности техногенной трансформации химического состава подземных вод в районах разработки калийных месторождений // Известия УГГУ.

2018. Вып. 2(50). С. 55-64. DOI 10.21440/2307-2091-2018-2-55-64.
2. *Белкин П.А.* Характеристика техногенной трансформации химического состава родникового стока в районе добычи солей на примере Верхнекамского месторождения / Вестник Пермского университета. Геология. – 2018. – Том 17, №3. – С. 297-306. DOI: 10.17072/psu.geol.17.3.297.
3. *Бельтюков Г.В. и др*. Особенности режима и химического состава подземных вод в водозаборах Березниковско-Соликамского района // Геология и полезные ископаемые Урала. Свердловск: УФ АН СССР, 1969. Вып. 1.
4. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / под ред. Т. В. Гусевой. – М.: ФОРУМ-ИНФРА-М, 2007.
5. *Кудряшов А.И.* Верхнекамское месторождение солей. 2-е изд., перераб. – М.: Эпсилон Плюс, 2013. – 368 с.
6. *Меньшикова Е.А., Щукова И.В.* Водозаборы подземных вод в зоне влияния горно-химического производства // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6; URL: www.science-education.ru/100-5249.
7. Минерально-сырьевые ресурсы Пермского края. Энциклопедия / под ред. А.И. Кудряшова. – Пермь: Изд-во «Книжная площадь», 2006. – 464 с.
8. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Утверждены приказом Росрыболовства № 20 от 18.01.2010 г.).
9. *Ушакова Е.С. Щукова И.В.* Подземные воды Соликамской градопромышленной агломерации. Интернет-вестник ВолгГАСУ. Волгоград, 2012. Объем: 1-9 с.
10. Химическая география вод и гидрогеохимия Пермской области. Пермь, 1967.
11. *Хайрулина Е.А., Максимович Н.Г.* Влияние шламохранилища с солесодержащими отходами на приповерхностную гидросферу // Сергеевские чтения. Геоэкологическая безопасность разработки месторождений полезных ископаемых. Выпуск 19. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (4-5 апреля 2017 г). М., РУДН, 2017. С. 429-434.
12. *Шимановский Л.А., Крутов В.М.* Гидрогеологические и гидрохимические особенности Верхнекамского соленосного бассейна // Гидрогеология и карстоведение: уч. зап. Пермск. ун-та. 1964. Т. 119, вып. 2. С. 228-238.

4. АКТИВИЗАЦИЯ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В РАЙОНАХ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

РИСК ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙВ БОРТАХ КАРЬЕРОВ, СЛОЖЕННЫМИ КОРАМИ ВЫВЕТРИВАНИЯ

И.В. Абатурова, Т.С. Бобина

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»,
620144, г.Екатеринбург, ул.Куйбышева, д.30. E-mail: tanyashka1993@mail.ru

Отличительная черта Уральского региона – это значительная концентрация рудных объектов, отрабатываемых в настоящее время и уже отработанных. История развития Урала, как горной страны привела к формированию в его пределах мощных линейных кор выветривания, которые зачастую и являются зонами концентрации таких полезных ископаемых как золото, медь, никель и т.д. Примером тому могут служить такие месторождения как Светлинское, Воронцовское, Серовское, Уфалейское, Галкинское, Кабан и др. [1,2].

Особенностью строения кор выветривания является не только минералогическая зональность, но и инженерно-геологическая. Состояние пород в каждой из инженерно-геологических зон определяет риск развития деформаций в бортах карьера (осыпи, обрушения, оползни, просадки и оплывины) (рис. 1), что зачастую приводит к полному погашению его и потери части полезного ископаемого, изменению конфигурации, либо к потере оборудования и человеческим жертвам.

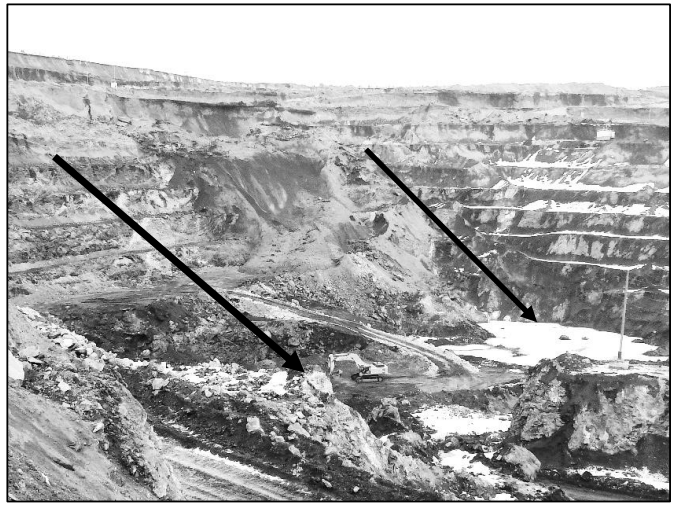


Рис.1. Оползень в борту карьера Серовского месторождения.

Разберем особенность строения коры выветривания медно-колчеданного месторождения Кабан-I. Кора выветривания на месторождении древняя, линейная остаточного типа. Мощность коры выветривания меняется от 0 м юго-западной части месторождения до 75 м в северо-западной части месторождения. В среднем мощность коры выветривания составляет 35 м. Наличие в основании разреза материнских пород различного петрографического состава наложило отпечаток и на условия образования кор выветривания.

Над рудной зоной (первичными рудами) сформировался профиль коры выветривания, который завершается образованием зоны окисления и формированием так называемой «железной шляпы». Здесь выделяется следующая геохимическая зональность:

1. Зона окисления (формирует «железную шляпу»), представлена рыхлыми бурыми железняками красно-бурого, темно-бурого и светло-бурого цвета и плотными кавернозными железняками более темными по цвету и массивной структуры.

2. Зона выщелачивания, представленная подзонами кварцевой и пиритовой сыпучки.

Совсем другой профиль коры выветривания формируется над метасоматически измененными андезитами и породами серицит-кварцевого и кварц-серицитового состава. В основании разреза залегают андезитовые порфириты либо породы серицит-кварцевого состава, сохраняющие свойственный им облик и текстурные особенности. В процессе выветривания формируются 3 подзоны, которые соответствуют геохимической зоне выщелачивания:

1. В нижней подзоне серицит составляет основную массу породы, кварц в виде мелких зерен образует линзообразные скопления. Хлорит сохраняет зеленую окраску, но частично перешел в гидрохлорит. Масса породы импрегнирована красно-черными гидроокислами железа.

2. Выше по разрезу хлорит почти полностью исчезает, замещаясь гидрохлоритом. Плагиоклазы полностью замещены гидрослюдой. Формируется нижняя зона – гидрослюдистых глин, они представлены пачкой глин желто-бурого цвета с обломками пород. Характерной особенностью зоны является сохранение структуры материнских пород.

3. Выше по разрезу появляется следующая подзона, которая представляет собой желтые слоистые глины. Это подзона каолинитовых глин с примесью гидрослюдистых. В составе глин преобладает каолинит, в подчиненном количестве присутствует гидрослюда.

В инженерно-геологическом отношении расчленение коры выветривания выполнено в соответствии с классификацией, предложенной Л.А. Ярг [5]. С учетом степени гипергенной проработки (по минеральному составу и физическому состоянию) в разрезе выделены снизу-вверх:

III – зона литомаржа содержит суглинки, редко глины с сохранением структурно-текстурного рисунка материнских пород (основу которых представляют андезитовые порфириты, метасоматиты серицит-кварцевые).

IV – дисперсная зона, включающая в себя охры и глинистые минералы, представленные монтмориллонитами

V – зона вторичной цементации представлена гематитами, гетитами и гиббситами.

Как уже было сказано выше инженерно-геологические факторы являются определяющими для правильной, а самое главное, безопасной отработки. Рассмотренное нами месторождение даже в пределах своих контуров характеризуются различными условиями формирования коры выветривания, которые привели к образованию разных геохимических профилей, а соответственно и разных инженерно-геологических зон, в пределах которых породы имеют свои физико-механические свойства, влияющие на выбор наклона борта карьера.

С целью определения вероятностного риска развития оползневых процессов в бортах карьера Кабан-I используем аналитический метод, который включает ***2 модели*** развития событий:

I модель – борта карьера месторождения Кабан-I сложены корами выветривания, в которой выделены 3 зоны (вторичной цементации, дисперсная и литомаржа). Выполним расчет устойчивости таких бортов с учетом установленных нами инженерно-геологических закономерностей, с коэффициентом запаса устойчивости равным 1,2. Расчеты, выполненные по формуле Г.Л. Фисенко [4], показали, что с увеличением мощности коры выветривания, уменьшается угол наклона борта карьера. Рассматривая инженерно-геологическую зональность коры выветривания можно увидеть, что угол наклона борта карьера меняется: в нижней части, сложенной обломочной зоной коры выветривания он составляет 34°, в зонах литомаржа и глинистой уменьшается до 22-26° (это связано с увеличением глинистости

породы, появлением в массиве таких минералов как каолинит, гидрослюда) и снова в зоне вторичной цементации он увеличивается до 28°, что связано с появлением в породе структурного боксита и переходом структурных связей от молекулярных к цементационным.

II модель – те же условия, но меняем коэффициент запаса устойчивости на 1, что соответствует экстремальной ситуации, согласно таблице «Примеры применения системы прогнозирования и оценки риска при инженерно-геологических изысканиях» [3]. Расчеты показали, что значительно увеличивается риск развития оползневого процесса, риск является существенным и даже приводит к появлению экстремальной ситуаций, которые требуют мероприятий по минимизации и устранению возможных опасных процессов, а значит возрастание экономических и в худшем случае социальных потерь.

Для определения граничных углов наклона бортов карьера сведем две модели в одну (рис. 2) и рассчитаем дельту, которая показывает разницу углов наклона бортов карьера для каждой из выделенных зон коры выветривания между ними (табл. 1). Проанализируем полученные результаты. При 62% содержании мощности коры выветривания линия зоны литомаржа с $k_{уст}$ =1 пересекает линию дисперсной зоны с $k_{уст}$ =1,2 и общий угол наклона борта в точке пересечения равняется 32 ° – это безопасный угол борта, при котором риск появления оползневых процессов минимален.

Таблица 1

Расчет разницы углов наклона бортов карьера для зон коры выветривания

Зона, индекс зоны	Относительная мощность 10%			Относительная мощность 50%			Относительная мощность 100%		
	К = 1,25	К = 1	Δ	К = 1,25	К = 1	Δ	К = 1,25	К = 1	Δ
V - вторичной цементации	49	40	9	40	35	5	32	28	4
IV- дисперсная	49	42	7	34	33	1	30	26	4
III - литомаржа	47	41	6	39	30	9	25	22	3
II - обломочная	50	44	6	45	39	6	39	34	5

К – коэффициент запаса = 1,2 и 1.

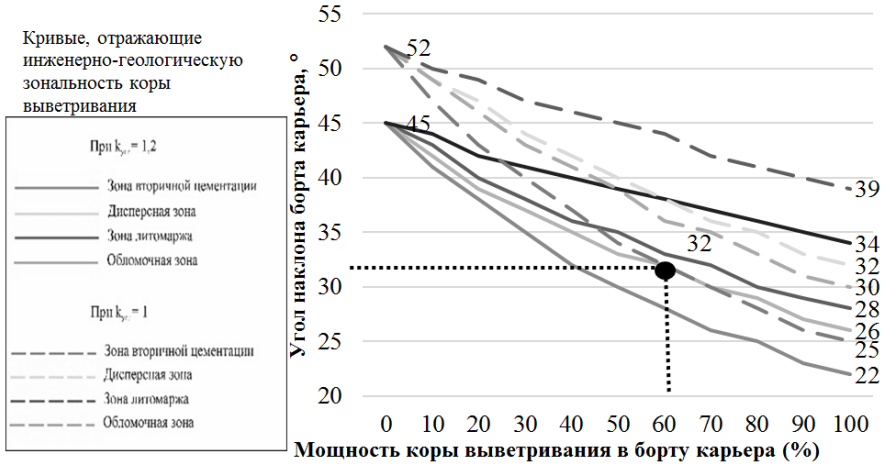


Рис.2. Зависимость углов наклона бортов карьера от инженерно-геологической зональности и мощности коры выветривания.

Таким образом, актуальной задачей теории и практики открытых горных работ является прогноз и обоснование устойчивых параметров карьерных бортов – углов наклона борта карьера, которые должны быть обеспечены принципиально верными инженерно-геологическими данными для участков развития кор выветривания, точными расчленениями ее на инженерно-геологические зоны, характеризующуюся своими параметрами физико-механических свойств. От правильного решения этой задачи во многом зависит выбор системы разработки, подготовки рабочих горизонтов и их параметров и показателей устойчивости карьерных откосов, а также снижение риска возникновения опасных процессов в бортах карьера.

Выводы:

1. Определяющими факторами для безопасной отработки карьера являются ***инженерно-геологические***. От инженерно-геологических факторов зависит выбор оптимальных углов заложения бортов карьера, сложенных корами выветривания. К ним относятся: зональность коры выветривания, тип коры выветривания, минеральный состав материнских пород, климатические условия, гидрогеологические условия, физико-механические свойства разных инженерно-геологических зон коры выветривания. Образование разных геохимических и инженерно-геологических профилей кор выветривания в рассматриваемом нами месторождении, привело к изменению физико-механических свойств – именно они влияют на выбор наклона бортов карьера.
2. В корах выветривания некорректно выбранные углы бортов карьера, способствуют развитию оползнеобразования.
3. При оценке развития оползневых процессов в дисперсных породах были рассмотрены 2 модели развития событий. В I модели был взят

коэффициент запаса устойчивости 1,2, во II – 1. Результатом анализа этих моделей, является выявление безопасного угла борта карьера, при котором риск появления оползневых процессов будет минимален. Этот угол равен 32°. Разрез месторождения с учетом углов наклона в разных зонах коры выветривания представлен на рисунке 3.

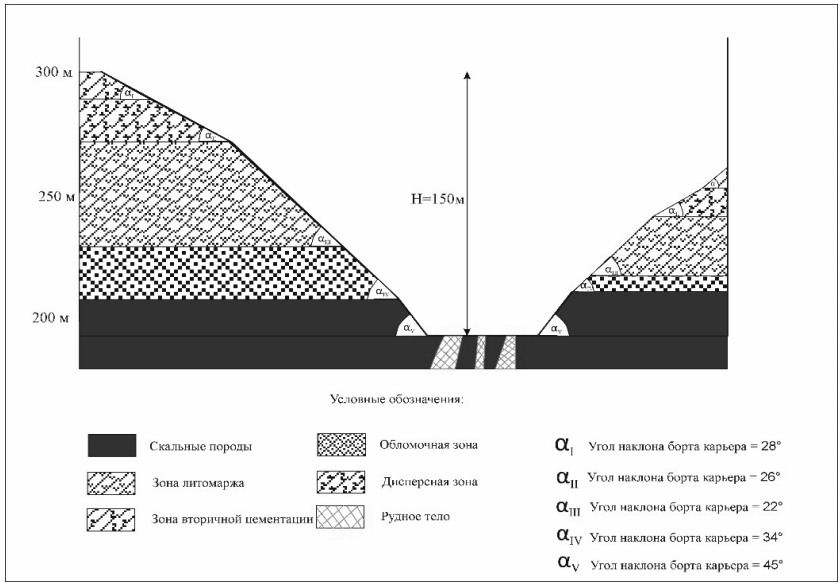


Рис.3. Разрез месторождения с учетом углов наклона в разных зонах коры выветривания.

Литература

1. *Абатурова И.В., Борисихина О.А., Савинцев И.А. П*рогноз формирования природно-техногенных процессов при отработке месторождений (на примере месторождения "Светлое"). Сборник: Экологическая безопасность промышленных регионов III-й Уральский международный экологический конгресс. Редакционная коллегия: Семячков А.И., Игнатьева М.Н.. 2015. С. 7-12.

2. *Абатурова И.В., Королева И.А., Петрова И.Г., Стороженко Л.А.* Принципы оптимизации изучения инженерно-геологических условий месторождений полезных ископаемых. Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 11-6 (42). С. 10-13.

3. *Стрижельчик Г.Г.* Особенности прогнозирования и оценки риска развития опасных процессов при изысканиях для строительства. Проблемы снижения природных опасностей и рисков. Материалы Международной научно-практической конференции «ГЕОРИСК – 2012», Москва Российский университет дружбы народов 2012, с. 119-125

4. *Фисенко Г.Л.* Устойчивость бортов карьеров и отвалов. М.: Недра, 1965, 377с.

5. *Ярг Л.А.* Исследование формирования линейных кор выветривания в инженерно-геологических целях//Инженерная геология.-1983.-№2.-с.65-74.

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ХИБИНСКОГО МАССИВА ПО ДАННЫМ ПОЛЕВЫХ ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

И.В. Бондарь, А.В. Маринин

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН,
123242, г.Москва, ул.Б.Грузинская., д.10, стр.1. E-mail: bond@ifz.ru

Район исследования расположен на Кольском полуострове в центральной части Мурманской области в районе Хибинского палеозойского интрузивного массива.

Хибинская интрузия имеет в плане форму овала размером примерно 44х35 км и площадью около 1330 км^2 [2]. Массив представляет собой конусообразный шток, переходящий в лополит. В строении Хибинского массива выделяется 8 последовательных фаз внедрения, каждая фаза имеет свой состав. В первую фазу образовались щелочные сиениты и массивные хибиниты, во вторую – трахитоидные хибиниты, в третью – рисчорриты, в четвертую – ийолит-уртиты, в пятую – эгириновые нефелиновые сиениты, в шестую – фойяиты, к седьмой и восьмой относят проявление вторичной альбитизации и образование эгирин-полевошпатовых пород и внедрение даек щелочных пород [1]. С четвертой фазой внедрения – так называемая ийолит-уртитовая дуга – связаны месторождения апатит-нефелиновых руд мирового класса.

Основной объем добываемой руды приходится на Кировский филиал акционерного общества «Апатит». Разработка ведется на шести месторождениях: Кукисвумчоррском, Юкспорском, Апатитовом Цирке, Плато Расвумчорр, Коашвинском и Ньоркпахкском. Еще два месторождения – Олений Ручей и Партомчорр – разрабатывает Северо-Западная Фосфорная Компания.

Одна из проблем, с которой сталкиваются геологи при разработке этих месторождений, является проблема избыточных горизонтальных напряжений. Такие напряжения существенно повышают вероятность возникновения горных ударов в подземных выработках [4]. При проходке шахты перпендикулярно направлению главного сжимающего напряжения часто наблюдаются шелушение, заколообразование, куполение кровли выработки вплоть до возникновения горных ударов.

Вопрос происхождения избыточных горизонтальных напряжений в верхней части земной коры на сегодняшний день остается дискуссионным. Некоторые авторы связывают их с вращением Земли, некоторые – с проявлением дальнодействующего давления от границ литосферных плит. В 70-х и 80-х годах прошлого века ряд авторов связывал их с остаточными напряжениями прошлых эпох. В совсем недавних работах горизонтальные напряжения связывают с возможностью длительного существования в

породах остаточных напряжений гравитационного напряженного состояния [10].

Методика. Изучение избыточных горизонтальных напряжений проводят как с помощью инструментальных методов [6], методов математического моделирования [5], так и с помощью тектонофизических методов реконструкции напряженно-деформированного состояния, используемых в данной работе: структурно-парагенетического метода Л.М. Расцветаева [8] и метода катакластического анализа Ю.Л. Ребецкого [9].

Реконструкция напряженно-деформированного состояния проводится по данным полевых замеров пространственной ориентировки трещиноватости, жил, отрывов, даек и зеркал скольжения, причем замеры проводятся в разновозрастных образованиях, сложенных различными породами. Для реконструкции используется программа STRESSgeol, разработанная в лаборатории тектонофизики ИФЗ РАН. Метод катакластического анализа позволяет определить количественные характеристики реконструируемых локальных стресс-состояний: положение осей главных напряжений и коэффициент Лоде-Надаи. Структурно-парагенетический метод применен для анализа систем тектонической трещиноватости разных кинематических типов с их объединением в устойчивые структурные ассоциации (парагенезы). Малые разрывные нарушения, зеркала скольжения, отрывы, жилы и другие, используемые в данном методе геологические стресс-индикаторы, несут информацию о разных этапах деформирования.

Результаты. В пределах Хибинского массива по данным полевых работ 2009-2018 гг. были проведены реконструкции напряженного состояния в пределах Кировского и Расвумчоррского рудника, карьеров «Центральный», «Восточный» и «Олений Ручей». Всего удалось произвести расчет для 19 локальных стресс-состояний в пределах Хибинского массива и 7 локальных стресс-состояний в его обрамлении.

Положение осей главных напряжений в данном районе по проведенной реконструкции имеют на первый взгляд самое разное направление.

В работе [7] показано, что среди преобладающих направлений осей максимального сжатия можно выделить запад – северо-западные (до субширотных) и северо-восточные, а также реже встречающиеся меридиональные ориентировки. Четко видно южное погружение оси максимального сжатия. Промежуточные оси часто занимают субвертикальное положение, но довольно много и субгоризонтальных осей, имеющих северо-восточное и субширотное простирание. Оси максимального растяжения ориентированы в север – северо-западном направлении, юго-западном или субвертикально.

Как уже было сказано выше, замеры проводились в естественных обнажениях Хибинского массива и его обрамления, в открытых горных выработках – карьерах и закрытых горных выработках – шахтах (рис. 1).

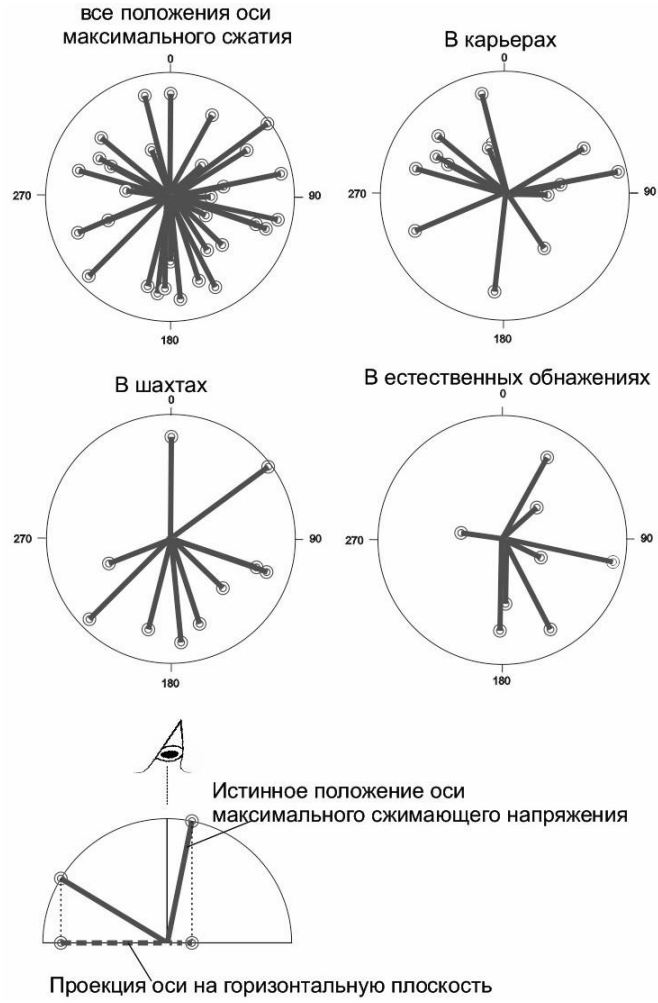


Рис.1. Положение осей максимальных сжимающих напряжений на диаграммах (стереографическая проекция на верхнюю полусферу). Длина оси указывает на угол наклона оси – при крутом погружении оси короткие, при пологом погружении – длинные.

В естественных обнажениях редко встречается юго-восточное погружение осей максимального сжатия. Уверенно фиксируется погружение в северных румбах. Д.С. Зыков [3] в монографии по новейшей тектонике и геодинамике Балтийского щита также указывает на преобладающее субмеридиональное сжатие (с погружением осей максимального сжатия в южном и северном направлении) в центральной части Кольского полуострова. Юго-западное погружение осей представлено двумя определениями.

В карьерах наоборот четко виден юго-восточный максимум погружения осей максимального сжатия и запад – юго-западный. В отличие от естественных обнажений погружение осей максимального сжатия в северном направлении практически отсутствует.

В шахтах юго-восточное погружение оси максимального сжатия отсутствует, виден северо-западный максимум их погружения. Хорошо выражено северное погружение с некоторым отклонением. Юго-западное направление встречается редко.

Таким образом, наблюдается сильное отличие поля напряжений в карьерах от полей напряжения в шахтах и естественных обнажениях. Возможно, это связано с объемом извлекаемой горной породы: в карьерах он намного больше, чем в шахтах. Все это следует учитывать для безопасной разработки месторождений.

По сравнению с меняющимися по азимуту и погружению ориентировками осей главных напряжений более устойчив и информативен тип напряженного состояния, определяемый по положению осей на зенит.

По результатам реконструкции установлено, что для Хибинского массива преобладают обстановки горизонтального сдвига, горизонтального сжатия и горизонтального растяжения. Причем обстановки горизонтального сдвига, горизонтального растяжения и растяжения со сдвигом отмечаются в самой южной части массива, когда как обстановки горизонтального сжатия расположены в западной и восточной частях массива (рис. 2).

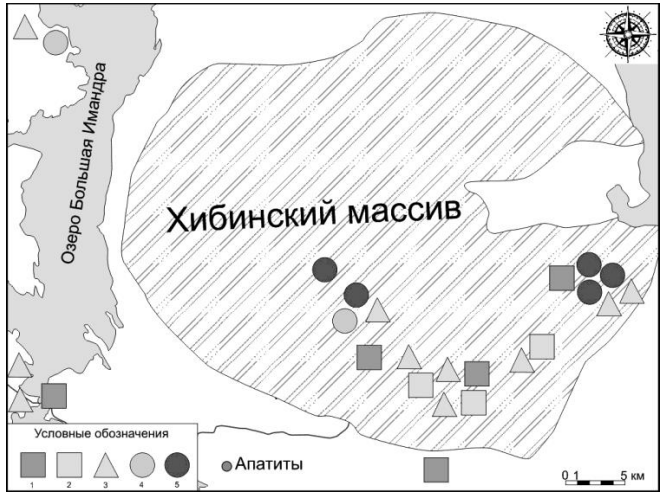


Рис.2. Тип напряженного состояния в пределах Хибинского массива.
Значками показан тип напряженного состояния: 1 – горизонтального растяжения, 2 – горизонтального растяжения в сочетании со сдвигом, 3 – горизонтального сдвига, 4 – горизонтального сжатия в сочетании со сдвигом, 5 – горизонтального сжатия.

Похожие результаты описаны в статье Жирова [2]. Авторы статьи показали, что массив развивается по типу протрузивного поднятия приповерхностной центральной части массива в радиальном направлении от центра к периферии за счет разгрузки остаточных субгоризонтальных напряжений. Следовательно, на периферии массива будут фиксироваться обстановки субгоризонтального растяжения, а ближе к центру – обстановки горизонтального сжатия.

Во вмещающих породах Хибинского массива обстановки горизонтального сжатия отсутствуют, преобладают обстановки горизонтального растяжения и сдвига.

Выводы. По результатам реконструкции напряжений в пределах Хибинского массива и его обрамления зафиксированы обстановки горизонтального сжатия, горизонтального растяжения и горизонтального сдвига. Во вмещающих породах обстановки сжатия отсутствуют, преобладают обстановки горизонтального сдвига и растяжения. В самом массиве обстановки горизонтального сдвига и растяжения отмечены в самой южной части, а обстановки горизонтального сжатия на восточном и западном крыле. Вероятно, это связано с развитием массива в радиальном направлении от центра к периферии.

Также наблюдается сильное отличие поля напряжений в карьерах от полей напряжения в шахтах и естественных обнажениях. Возможно, это связано с объемом извлекаемой горной породы: в карьерах он намного больше, чем в шахтах.

Все это надо учитывать при работах по добыче апатит-нефелиновых руд. Шахты следует располагать так, чтобы уменьшить действие максимального горизонтального сжатия, также учитывать и ориентировку максимального горизонтального растяжения.

Ориентировки осей сжатия и растяжения также можно использовать для более продуктивного расположения шпуров при буровзрывных работах.

Литература

1. Геологическая карта масштаба 1:200 000, лист Q-36-IV. Объяснительная записка. Составители: Зак С.И., Колесников Г.П. – М.: изд-во «Недра», 1964

2. *Жиров Д.В., Маринин А.В., Жирова А.М., Сим Л.А.* Неотектоника южной части Хибинского массива: результаты комплексной интерпретации противоречивых явлений // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. – Т. 15. – 2018. – С. 140-143. DOI: 10.31241/FNS.2018.15.033

3. *Зыков Д.С.* Новейшая геодинамика Северо-Карельской зоны (Балтийский щит). М.: ГЕОС, 2001. 146 с.

4. *Ловчиков А.В.* Горно-тектонические удары на Ловозерском редкометальном месторождении // Вестник МГТУ. 2008. Т. 11, №3. стр.385-392

5. *Ловчиков А.В., Гуменников В.П.* Прогноз сильных геодинамических событий при отработке Ловозерского месторождения на основе статистического подхода // Горный информационно-аналитический бюллетень, Москва, № 9, с. 64-66, 2002

6. *Ловчиков А.В., Осика В.И., Кочетков М.Б.* Опыт применения высокоточных деформационных наблюдений для контроля подготовки горно-тектонических ударов // Мониторинг природных и техногенных процессов при ведении горных работ. Сб. науч. тр. РАН, Кол. науч. центр, Горн. ин- т. – СПб: Реноме, 2013
7. *Маринин А. В., Сим Л.А., Жиров Д.В., Бондарь И.В.* Структурные парагенезы и тектонические напряжения южной части Хибинского массива // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. – Т. 15. – 2018. – С. 239-241.
8. *Расцветаев Л.М.* Парагенетический метод структурного анализа дизъюнктивных тектонических нарушений. Проблемы структурной геологии и физики тектонических процессов. М.: ГИН АН СССР, 1987. Ч.2, С. 173-235.
9. *Ребецкий Ю.Л.* Тектонические напряжения и прочность горных массивов. М.: Изд. Наука. 2007. 406 с.
10. *Ребецкий Ю.Л., Сим Л.А., Козырев А.А.* О возможном механизме генерации избыточного горизонтального сжатия рудных узлов Кольского полуострова (Хибины Ловозеро, Ковдор) // Геология рудных месторождений. 2017. Т. 59, № 4. – С. 263–280.

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ КАМЕННЫХ ГЛЕТЧЕРОВ ИЗ ОТВАЛОВ ПОРОДЫ В ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ РАЙОНАХ

В.И. Гребенец, Ф.Д. Юров, В.А. Толманов, А.Г. Хайрединова

МГУ имени М.В. Ломоносова, 119911, г.Москва, Ленинские горы, д.1, географический факультет, кафедра криолитологии и гляциологии. E-mail: vgreb@inbox.ru

Введение. В горнодобывающих районах остро стоит вопрос складирования отвалов «пустой» породы. В криолитозоне эта проблема имеет свою специфику: холодный климат и расположение материала на склонах могут привести к формированию из массы отработанной породы ледово-грунтовых подвижных тел. Плохо прогнозируемое перемещение подобных образований представляет серьезную угрозу для инфраструктурных объектов в криолитозоне.

Методы исследований. Анализ литературных источников и фондовых данных позволил накопить определенный материал и оценить остроту проблемы смещения горных отвалов в условиях вечной мерзлоты. Натурные наблюдения, проведенные в Норильском промышленном районе, Куларе, в Воркутинском районе и др. позволили получить достаточно объективную картину возможных криогенных опасностей для зданий и сооружений на хозяйственно освоенных территориях, а также для природных комплексов.

Краткий обзор проблемы. Ледово-каменные отвалы «пустой» породы, расположенные на склонах, на наш взгляд, могут быть классифицированы как техногенные каменные глетчеры (ТГК). Они имеют большое сходство с подобными природными образованиями: ледово-грунтовый состав, движение вниз по склону и характерные мезо- и микроформы рельефа (специфичная поверхность, наличия языка, фронтального уступа и боковых откосов, валов и трещин) [9]. В отличие от обычных отвалов ТКГ представляют из себя массу плохо отсортированного обломочного материала, сцементированного льдом, и их движение представляет большую опасность для инфраструктуры горнодобывающих районов в криолитозоне. Например, только опасные перемещения отвала «ПОСТ-1» в южной промышленной зоне г.Норильск уничтожили водовод, снабжавший большую часть заводов и города водой из р.Ергалах, ЛЭП от Хантайской ГЭС, здания, сооружения, автодороги и др. объекты. Затраты (в ценах 1995 г.) оценивались в 8-10 млрд. рублей.

Результаты и обсуждение. Формирование ТКГ в горнодобывающих районах Евразии весьма распространенное, но локальное природное явление. Например, для Кольского техногенного глетчера, сформировавшегося в Хибинах на северном склоне г.Расвумчорр, источником материала послужили отвалы пустой породы из карьера, разработка которого началась в 60-е годы XX века. Отсыпка проводилась послойно и круглогодично, в результате чего слои обломочного материала (средние размеры обломков

составляли 18 см, но встречались и более крупные – до 1 м) [2] чередовались со снегом, а в теплое время толща отвала насыщалась водой. Отрицательные температуры в теле отвала (порядка –1,2°С) приводили к замерзанию воды и цементации толщи льдом. В результате льдистость тела отвала составляла около 50%, а мощность отдельных линз и прослоев льда достигала 2 м. При достижении участка склона с большими уклонами поверхности (около 30°) произошло увеличение скоростей движения и разрыв тела каменного глетчера, в результате в 1974 г. ледово-каменная масса объемом около 4 млн. м^3 обрушилась в долину и вызвал формирование оползня-селя [3].

Другой пример формирования ТКГ из отвалов пустой породы – Кумторское золотоносное месторождение в Киргизии на хребте Акширак. Формирование глетчеров связано не только с отсыпкой пустой породы, но и с уничтожением языков ледников, занимавших место добычи сырья. В ходе горнорудных работ только из языка ледника Давыдова было удалено около 12 млн. м^3 льда, который в дальнейшем был захоронен в отвалах [10]. Кроме того, отсыпка пустой породы производилась на само тело ледника, что приводило к движению ледового основания отсыпки (в силу реологических свойств). Аналогичен механизм формирования еще одного ТКГ на Кумторском месторождении – на месте языка ледника Лысый. Эти ледово-грунтовые образования находятся в стадии активного движения и представляют опасность для объектов горнодобывающей промышленности [11].

Интересный случай, прежде всего, с позиции проблемы потепления климата и т.н. «невозможности» новообразования мерзлоты – появление ТКГ в настоящее время на золото-серебряном месторождении Кубака в Магаданской области (юго-восточная часть Омолонского массива). Отсыпка вскрышной породы (рис. 1) проводилась на склонах средней крутизны, с 1994 г. по 2004 г., объем отвалов достиг 20 млн. м^3 при массе более 30 млн. т., мощность отвалов составила 60 м. В пористом теле отвала, имеющего отрицательные значения температур, происходит образование льда, цементирующего обломки, вызванное круглогодичной послойной отсыпкой и проникновением дождевых и талых вод [7]. Расчеты показывают, что полное насыщение тела отвала льдом приведет к значительному повышению давления в основании и началу течения ТКГ со скоростью более 0,5 м/год [1]; скорости движения отвалов мощностью около 60 м достигнут максимальных значений (1 м/год) при высокой увлажненности к 2170 г. [7]. Характерно, что при наличии пустот между крупными обломками возникает особая циркуляция воздуха, способствующая переохлаждению грунтов, особенно в весеннее время при усилении контрастности суточного хода температур.

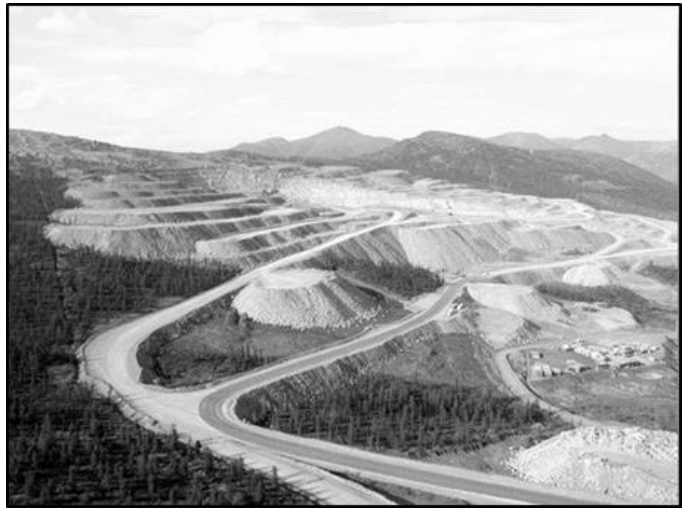


Рис.1. Отвалы месторождения Кубака, являющиеся источником материала для формирования новых ТКГ (фото О. Моторова, 2009).

Относительно крупные движущиеся замороженные отвалы «пустой» породы наблюдаются в горнодобывающих районах севера Чукотки и Якутии (Батагай, Кулар и др.), причем для этих территорий характерно активное криогенное выветривание обломочного материала, в т.ч. раздробление до фракций песка и пыли [8], что может сопровождаться активизацией солифлюкции и даже криогенных оползней (при наличии сильнольдистых грунтов). Следует отметить, что в условиях высоко агрессивной среды атмосферных осадков и грунтовой влаги (например, в Норильском промышленном районе) практически невозможно зарастание (закрепление растительностью) сформированных криогенезом новых приповерхностных грунтовых систем [6].

Крупнейший в мире ТКГ сформировался в Норильском промышленном районе на склоне горы Рудная в результате разработки карьера Медвежий ручей (рис. 2) – отвал «ПОСТ-1» (один из десяти, но расположенный на окраине южной промзоны г.Норильска). Он отсыпался в течение 25 лет, к моменту окончания отсыпки в 1974 г. объем «пустой» породы достиг 65 млн. $м^3$ с общей массой порядка 110 млн. т [4]. Склон, на котором проводилась складирование материала, имеет крутизну 12-15°, мощность отвала составила 100-120 м, «дуга» по периметру – около 1300 м, а угол откоса – 30-36°. В своей верхней трети отвал практически располагался на твердых скальных породах (базальтах), но в нижней части, отсыпка на которую началась ранее на относительно пологий (4-9°) склон, инженерно-геокриологические условия были достаточно сложны: комплекс рыхлых отложений (торф, оторфованные грунты, супеси и суглинки) имеют мощность от 2-3 м (в верхней части) до 10-12 м (в нижней части).

Естественно, что подобное основание было достаточно ненадежным. В супесчано-суглинистых грунтах присутствовали линзы льда с мощностью от 0,5 м до 4 м, а на некоторых участках склона наблюдалось проявление солифлюкционных процессов.

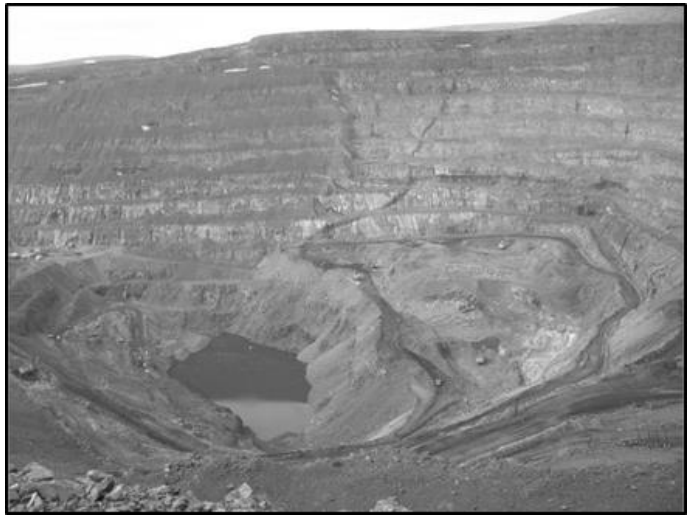


Рис.2. Карьер «Медвежий ручей», отвалы которого послужили материалом для формирования ТКГ на горе Рудная.

Отвал сложен плохо отсортированным обломочным материалом. Доля крупных отторженцев в общем объеме материала составляет примерно 5%, около 60% – валунно-щебнистый материал (размерами от 2 до 80 см), 35% – материал более мелких фракций и лед. При послойном складировании отвала в толщу обломочных пород попадал мусор, лед и снег, а также уголь, содержавшийся в маломощных горизонтах вскрышных пород. Кроме того, в отвал фильтровалась вода атмосферного и паводкового происхождения, которая замерзала внутри благодаря низким температурам воздуха и вечномерзлым грунтам в основании отвала [4].

Первые заметные подвижки отвала были зафиксированы летом 1992 г., то есть спустя 18 лет после окончания отсыпки. В движение пришла нижняя часть отвала (2/3 всего объема), а на верхней площадке было зафиксировано образование трещин с глубиной 5-7 м и шириной до 0,5 м, протяженность трещин достигала 150 м. Смещение обломочного материала вниз по склону продолжилось и в последующие годы, при этом фиксировалось увеличение средней скоростей движения ТКГ с 5-10 мм/сут. в 1992 г. до 30-40 мм/сут. в 1996 г. (а на отдельных участках скорости доходили до 200 мм/сут.). Продвижение нижней части отвала составило 180-360 м, а в 1999 г. язык каменного глетчера уперся в противоположный склон долины р.Медвежий ручей, разрушив при этом дорожное полотно, здания, водовод и другие

объекты [5]. С 2001 г. началось движение верхней трети отвала, которая не участвовала в движении до этого. К 2014 г. ТКГ продвинулся на максимальные 550 м и перекрыл долину р.Медвежий ручей, что привело к образованию подпрудного озера (рис. 3), возможен прорыв «языка-плотины» и сход селевого потока.

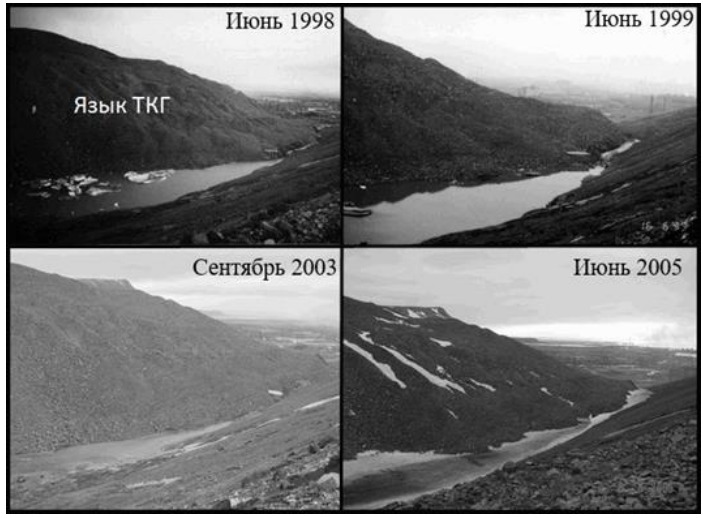


Рис.3. Изменения языка ТКГ с 1998 г. по 2005 г.

Начало движения ТКГ вниз по склону обусловлено изменением мерзлотных условий. В 1945 г. температуры грунтов склона на уровне нулевых годовых колебаний (на глубине 8-10 м) составляли от –5°С до –7°С, а к 1996 г. (по данным измерений в трех термометрических скважинах) температуры в теле каменного глетчера на глубинах 20-50 метров составляли от –2°С до –0,5°С [5].

Заключение. Опасные перемещения мерзлых отвалов «пустой» породы в горнодобывающих районах криолитозоны является серьезной проблемой в связи с потеплением климата и нарастанием техногенеза. Результаты длительных наблюдений за движением крунейшего в мире ТГК «ПОСТ-1» на южной окраине г.Норильска выявили интересные результаты. К изменениям температурных характеристик грунтов ТКГ привели как естественные тренды увеличения температур воздуха, так и чрезвычайно сильное техногенное воздействие на вечную мерзлоту в Норильском районе. В ходе формирования отвала вместе с пустой породой захоранивались и тонкие прослои угля, которые при контакте с воздухом в теле отвала самовозгорались, повышая температуру окружающей породы. Для отвала на горе Рудная изменение мерзлотных условий в сторону повышения температуры имеет катастрофическое значение, так как тело отвала сильно насыщено льдом. Изменение мерзлотных условий ведет к снижению сил

сцепления ледово-грунтовых частиц за счет смерзания и делает тело ТКГ более пластичным и подвижным. Кроме того, повышение температур ведет к ухудшению прочностных свойств грунтового основания отвала. Определено три вида опасных перемещений ТГК: 1) по типу каменного глетчера; 2) осыпание крупнообломочного материала за счет протаивания в летний период цементирующих обломки снега и льда; 3) послойная подвижка вещества внутри тела ТКГ по мощным горизонтальным прослоям льда внутри толщи обломочного материала. Очевидно, при дальнейшем увеличении температур породы ползучесть может перейти в стадию прогрессирующего течения, что вызовет лавинообразный спуск по склону части отвала или всего тела обломочного материала.

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ 18-05-60080 «Опасные нивально-гляциальные и криогенные процессы и их влияние на инфраструктуру в Арктике».

Литература

1. *Галанин А.А., Моторов О.В., Замощ М.Н.* Техногенные каменные глетчеры в районах освоения коренных месторождений Северо-Востока ВЕСТНИК СВНЦ ДВО РАН - 2006, №1, с. 17-28.

2. *Горбунов А.П.* Каменные ледники. – Новосибирск: Наука, 1988. – 111 с.

3. *Горбунов А.П., Горбунова И.А.* География каменных глетчеров и их аналогов в Евразии. – Алматы, 2013. – 184 с.

4. *Гребенец В.И., Керимов А.Г..* Изменения характера движения крупнейшего техногенного каменного глетчера // Криосфера Земли, 1998, т. II, № 2. – с. 38-43.

5. *Гребенец В.И., Титков С.Н.* Инженерно-геологические риски, связанные с формированием техногенных каменных глетчеров // Инженерная геология, 2006, № 2. – с. 17-22.

6. *Гребенец В.И., Толманов В.А., Хайрединова А.Г., Юров Ф.Д.* Проблема складирования твёрдых отходов в криолитозоне // В сборнике «Сергеевские чтения: Вып. 20. Обращение с отходами: задачи геоэкологии и инженерной геологии. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (22 марта 2018 г.)». – Москва: РУДН, 2018. – 276 с.

7. *Моторов О.В.* Состав, строение, температурный режим промерзающих отвалов горных пород и возможность их эволюции в каменные глетчеры // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук. Якутск: ИМЗ СО РАН.- 2008. – 19 с.

8. *Рогов В.В.* Основы криогенеза: Учебно-методическое пособие. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2009. – 203 с.

9. *Романовский Н.Н.* Основы криогенеза литосферы: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 336 с.

10. *Jamieson, S.S.R., Ewertowski, M.W., Evans, D.J.A.*, 2015. Rapid advance of two mountain glaciers in response to mine-related debris loading. J. Geophys. Res. Earth Surf. 120, pp. 1418-1435.

11. *Petrakov, D., Shpuntova, A., Aleinikov, A., Kääb, A., Kutuzov, S., Lavrentiev, I., Stoffel, M., Tutubalina, O., Usubaliev, R.* Accelerated glacier shrinkage in the Ak-Shyirak massif, inner Tien-Shan, during 2003-2013. Science of the Total Environment 562 (2016), pp. 364-378.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПОСТЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ПЕРИОДА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

С.Н. Елохина, С.В. Горбова, Н.В. Цветов, Т.Ю. Цепелевич

ФБГУ «Гидроспецгеология», Филиал «Уральский Региональный центр ГМСН», г.Екатеринбург. E-mail: Elohina.s@mail.ru

Челябинский угольный бассейн расположен к востоку от г.Челябинска, занимает площадь 1300 км^2 и длительное время являлся основной базой добычи углей на восточном склоне Урала.

Месторождение открыто в 1832 г., промышленная разработка началась в 1907 г. В конце 1980-х годов в связи с исчерпанием запасов угля и снижением рентабельности добычи начался процесс закрытия шахт, к настоящему времени угледобыча почти прекращена.

Инженерно-геологические условия Челябинского угольного бассейна определяются сложным строением угленосной толщи, невыдержанной мощностью угольных пластов, их изменчивым залеганием и сильной тектонической нарушенностью. Шахты бассейна относятся к опасным по содержанию метана. Особенностью углей бассейна является способность к самовозгоранию.

В целом бурые угли прослежены полосой на 170 км с севера на юг: от озера Тишки до г.Южноуральска. Максимальная ширина угленосной структуры 14 км, глубина – до 4 км. Всего разведано около 30 угольных пластов. Самые мощные пласты (до 200 м) отрабатывались Коркинским разрезом.

Коркинское месторождение бурого угля открыто в 1931 г., а уже в 1934 г. вступил в строй Коркинский разрез, являющийся самым глубоким в Евразии и вторым в мире. За 80 лет работы на месторождении добыто более 250 млн. т угля. При этом рядом с п.Роза образовалась воронка глубиной более 500 м и диаметром 3 км. В ноябре 2017 г. добыча угля завершена. Самозатопление карьера подземными водами стартовало в 2018 г. Рассматривается вопрос использования промышленных отходов для его заполнения.

В настоящее время разрез называют одним из основных загрязнителей воздуха в Челябинской области. Причиной этому являются непрекращающиеся эндогенные пожары на бортах карьера. Эти пожары с разной интенсивностью продолжаются внутри разреза десятилетиями.

Параллельно продолжается постепенное сползание жилых домов и социальных объектов п.Роза на восточном борту карьера. По бортам разреза также активно развиваются гравитационно-эрозионные процессы: оползни, осыпи (рис. 1).

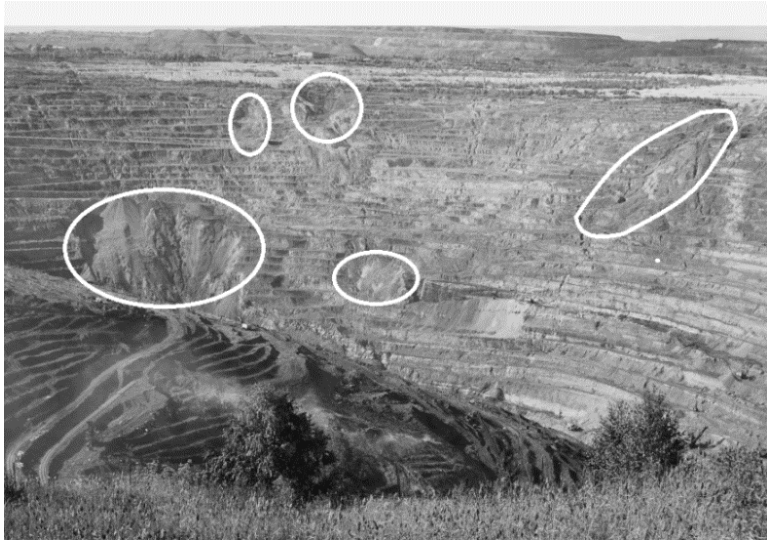


Рис. 1. Оползни на бортах Коркинского угольного разреза.

Нижние горизонты угольного разреза всего за девять месяцев после прекращения добычи на карьере заполнились водой. Дальнейший подъем уровня воды в карьере грозит более масштабным проявлением оползневого процесса, т.к. при замачивании рыхлых и слабосцементированных пород, вмещающих угли, устойчивость бортов и берм карьера резко снизится.

Кроме того, вокруг Коркинского разреза много отработанных угольных шахт. Часть выработок уже заполнена водой. А в окрестностях города за последние годы появилось несколько озер на бывших шахтных полях.

Разработкой Копейского угольного разреза занимался «Челябинскуголь». В 2006 г. предприятие полностью ликвидировано, а разрез затоплен подземными водами без рекультивации. По бортам разреза и отвалам активно развиваются гравитационно-эрозионные процессы: оползни, осыпи, обрушения, эрозия склонов.

В 2008 г. в рамках ведения государственного мониторинга состояния недр (ГМСН) в г.Копейске были организованы наблюдения за активностью техногенных и природно-техногенных геологических процессов. В комплекс работ включены: фиксация динамики уровня подземных вод на разном удалении от отработанных выемок, а также заполнения отработанных горных выработок подземными водами, ширины зоны подтопления и охвата урбанизированной территории другими опасными процессами [1]. Периодичность наблюдений по разным процессам составляет от ежемесячной, до одного раза в год. Изложим основные проблемы, возникшие на урбанизированной территории после остановки горнодобывающей деятельности в, так называемый, постэксплуатационный период [2].

Необходимо подчеркнуть, что Уральским региональным центром ГМСН

за прошедшие 10 лет наблюдений так и не удалось получить доступ к материалам Проекта на ликвидацию горных предприятий г.Копейска. Состав запроектированных работ так и не выяснен. По результатам наблюдений в их перечень не вошли землеустроительные работы по обеспечению снижения зоны подтопления. Заложенные поверхностные дрены для отвода избытков поверхностного стока в основном остались сухими, что свидетельствует о каких-то системных ошибках проектировщиков, которые, как можно судить по сложившейся ситуации (см. ниже по тексту), не анализируются и не исправляются.

В октябре 2015 г. на западном борту разреза на участке, примыкающем к территории АО «Копейский машиностроительный завод», произошел оползень площадью около 11319 м^2, объемом 226380 м^3 (рис. 2).



Рис.2. Оползень на западном борту Копейского угольного разреза.

На 2018 г. минимальное расстояние от бровки отрыва до периметра предприятия составило всего 9 м, при высоте бровки отрыва до первой ступени 8 м. Высота первой ступени над основным телом оползня – 10 м.

На северной окраине г.Копейска (п.Горняк и др.) в связи с остановкой шахтного водоотлива и восстановлением уровней в заполняющейся депрессионной воронке шахты Красная Горнячка полностью затоплен карьер пласта VIII и прилегающие к карьеру пониженные территории. Началось подтопление жилой застройки частного сектора (рис. 3).

В 2003 г. закрыто последнее предприятие Еманжелинского угледобывающего комплекса, действовавшего с 1931 г. Остановка шахтного и карьерного водоотлива привела к подтоплению и заболачиванию на участке жилой застройки г.Еманжелинска (рис. 4).

Нерациональные дренажные мероприятия, сброс талого и ливневого стока с территории города по системе водоотводных канав в карьер приводит к катастрофическому развитию овражной эрозии (рис. 5). Длина оврагов достигает 600 м, глубина 22 м. Оползневые деформации северного борта Батуринского разреза угрожают безопасности жилых домов в п.Проходной. Ближайшие дома находятся в 30 м от борта карьера.



Рис.3. Подтопленная территория между улицами Халтурина и Силовая в г.Копейск.



Рис.4. Заболоченный участок в районе ул.Дачная в г.Еманжелинск.



Рис.5. Катастрофическое развитие овражной эрозии на прилегающей к угольному карьеру территории г.Еманжелинск.

Таким образом, в постэксплуатационный период на крупных угольных разрезах Челябинской области характерна активизация двух основных геологических процессов. Во-первых, оползневого процесса на бортах. Главным фактором формирования оползневых тел рассматривается поднятие уровня подземных вод и замачивание грунтов откосов и берм. Оползневые процессы несут угрозу безопасной эксплуатации жилых и промышленных объектов, исторически оказавшихся вблизи карьеров.

Во-вторых, остановка шахтного и карьерного водоотлива на реализованном уровне рекультивации приводит к подтоплению жилой застройки городов и шахтных поселков.

В-третьих, борьба с подтоплением, в свою очередь, приводит к мощной активизации овражной эрозии.

С аналогичными проблемами сталкиваются не только на территории Челябинской области, но и в других горнопромышленных районах Урала.

Накопленный при ведении ГМСН фактический материал о неблагоприятных геологических проявлениях постэксплуатационного периода может быть использован в проектах рекультивации как открытых горных выработок, так и шахтных полей.

Литература

1. *Елохина С.Н.* Гидрогеоэкологические последствия горного техногенеза на Урала / Под ред. О.Н. Грязнова. – Екатеринбург: ООО «УИПЦ». – 2013. – 187 с.

2. Информационный бюллетень о состоянии недр территории Уральского федерального округа Российской Федерации за 2016 год. Выпуск № 17 / Под ред. С.Н. Елохиной. - Екатеринбург: Уральский региональный центр ГМСН. – 2017. – 211 с.

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ КОНТРОЛЯ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИЯХ ГОРНОГО ТЕХНОГЕНЕЗА ПАССИВНОЙ СТАДИИ

С.Н. Елохина, А.А. Киндлер

ФБГУ «Гидроспецгеология». Филиал «Уральский региональный центр ГМСН», г.Екатеринбург. E-mail: Elohina.s@mail.ru

Одной из отличительных черт, закрываемых в последние 20-30 лет рудников, является большие глубины и площади отработки. Доказана высокая степень горнопромышленного техногенного преобразования литосферы не только в границах подобных объектов, но и на прилегающих участках [1]. Зачастую подработанные территории сопряжены с селитебными зонами.

Ярким примером служит территория Дегтярского техногенеза, связанная с одноименным медноколчеданным месторождением и рудником. Рудник расположен в пределах г.Дегтярска Свердловской области и входит в границу водосборной площади Волчихинского водохранилища, являющегося главным источником питьевого водоснабжения для областного центра – г.Екатеринбурга.

Длительность отработки рудника составила более 80 лет с 1914 г. по 1995 г. В результате активной и длительной горнодобывающей деятельности проявились все аспекты горнопромышленного техногенеза: подработанные территории, техногенные ландшафты, литохимические, гидрохимические и биохимические ореолы и т.п. Практически на всей территории сформированы техногенные грунты, а естественный почвенный покров нарушен.

Оценка степени техногенного преобразования выполнялась неоднократно, начиная с 2005 г. (Вишняк А.И., Елохина С.Н. Заболоцкий А.И., Четверкин И.А. и др.) По результатам проведенного в 2005 г. литохимического опробования почв и грунтов выявлены высокие содержания в почвах и грунтах зоны аэрации ряда токсичных элементов: Cu, Zn, Pb, Ni, Cr, Hg, Mn [1].

Главным источником проблем является обогащенный железом и тяжелыми металлами кислый и агрессивный поверхностный и подземный сток, формирующийся в границах горных работ. В пределах зоны влияния затопленного рудника показатель pH составил 2,5-3,0, зафиксированы аномально высокие значения содержания сульфат-иона, ионов металлов (Fe, Cu, Pd, Zn, Al, Mn, Cd) [1]. Протекающая по территории р.Исток также подверглась техногенной трансформации.

При обследовании 2012 г. показатель pH поверхностных вод находился на аналогичном уровне, в пределах 2,5- 2,81.

В 2014 г. в рамках ведения государственного мониторинга состояния недр (ГМСН) [1], фоновые значения pH в речных водах рек Дегтярка и Исток вне зоны Дегтярского рудника зафиксированы в пределах 7,0-7,5. В пределах рудника под влиянием шахтных вод природный облик рек полностью меняется, показатель кислотности достигает 2,5. Перед входом на станцию нейтрализации pH р.Исток составляет 4,86 для р.Дегтярка 2,58.

Кроме загрязнения поверхностных вод на территории происходят процессы вторичного минералообразования, данный процесс протекает под воздействием шахтных вод. Донные отложения рек Дегтярка и Исток имеют специфический осадок серо-коричневого цвета. В ходе ведения ГМСН в 2018 г. показатель pH находился на аналогичном уровне. Однако было отмечено увеличение площади разлива рудничных вод относительно прошлых лет.

На поверхности земли в пределах двух зон сдвижения горных пород на земной поверхности сформировалось 12 зон обрушения глубиной до 60 м. Одна из зон обрушения, расположенная в южной части Дегтярского шахтного поля, в 2010-2012 гг. рекультивирована посредством засыпки отходами металлургического производства.

В ходе обследования 2014 г. на участке рекультивации выявлены просадки и провалы. Их образование, по всей видимости, связано с высокими вертикальными градиентами фильтрации в засыпанных объемах зон сдвижения, что в свою очередь приводит к активному размыву и последующему выносу рекультивационного материала в затопленные открытые горизонтальные техногенные полости подземного рудника.

В 2018 г. отмечена положительная динамика процессов площадной эрозии и техногенной суффозии. Вследствие проседания отсыпанной площадки, в северной части сформировался техногенный водоем (голубого цвета), аккумулирующий атмосферные осадки, который может провоцировать вторичное загрязнение поверхностного и подземного стока.

Таким образом, несмотря на определенный объем рекультивационных мероприятий, территория ликвидированного рудника на протяжении более 20 лет несет в себе опасный потенциал, как с позиции активности провальных и иных геологических процессов и явлений, так и загрязнения окружающей среды (подземных и поверхностных вод, почвенно-растительного покрова и т.п.).

Опыт ГМСН указывает на необходимость создания системы учета и хранения информации по Дегтярскому руднику, как объекта с накопленной экологической опасностью [1, 2]. Одной из возможных форм оценки активности опасных природно-техногенных геологический процессов предлагается формат реляционной базы данных (БД) [3]. В данной системе могут быть заложены все параметры для наиболее полного и реального отображения ситуации на отработанных рудниках. Предполагаемая система формируется как «паспорт» объекта, структура которого представлена в виде набора логически связанных между собой таблиц, сгруппированных на соответствующие их параметрам блоки.

Авторами разработана предварительная форма базы данных по

Дегтярской зоне техногенеза. Для ее эффективного наполнения выделены параметры контроля, имеющие численную оценку с целью возможности отслеживания динамики того или иного процесса, исключая косвенные сведения, которые могли бы дать спорное отображение ситуации.

При отсутствии численных показателей (данные по старым отчетам и т.д.) в БД есть возможность заносит сведения в полях «дополнительная информация». Хранимые сведения могут быть полезны в будущем для понимания длительности протекания процесса и при проектировании будущих обследований (даже при отсутствии численной оценки).

Полученная форма паспорта проходит апробацию в Уральском региональном центре ГМСН. Предварительные данные показывает, что минимизируются временные затраты на поиск данных в различных разрозненных отчетах, актах, и других источниках данных.

В формате паспорта по Дегтярскому руднику все известные природно-техногенные геологические процессы горнопромышленного техногенеза пассивной стадии объединены в 4-е группы: гидрогеохимическую, гидродинамическую, геомеханическую, экзогеодинамическую [1, 2]. В каждую группу процессов производиться отбор контрольных параметров.

Гидродинамическая группа процессов: излив рудничных вод; внезапный прорыв рудничных вод из старых затопленных выработок в новые и работающие выработки; изменение структуры фильтрационного потока и общего водного баланса; подтопление, заболачивание территории, в том числе самотзатопление шахтных полей; водная эрозия стенок подземных горных выработок, разрушенных физическим и химическим выветриванием.

Основным спусковым механизмом процессов гидродинамической группы является изменение положения уровня подземных вод, поэтому для получения оценки процессов необходима следующая информация:

- статический уровень подземных вод в точках контроля;
- реестр точек контроля;
- величина самоизлива / водоотлива;
- количество атмосферных осадков за месяц, так как он напрямую влияет на значения уровня и может объяснить его аномальное отклонение (например, слишком низкий в виду малого количества осадков для данного времени года);
- температура подземных вод и атмосферного воздуха на дату замера, данный параметр особенно актуален весной в период паводка, т.к. при раннем начале паводка в виду нетипичной для данной территории температуры может объяснить причину высоких значении уровня подземных вод.

Гидрогеохимическая группа процессов: загрязнение поверхностной гидро- и литосферы (загрязнение подотвальными и карьерными водами и др.); загрязнение поверхностной гидро- и литосферы излившимися рудничными водами; аккумуляция техногенных отложений (донных отложений); загрязнение подземных вод, в том числе и питьевых источников водоснабжения; окисление рудной минерализации и органических веществ.

Ключевыми параметрами для гидрогеохимической группы процессов является химический состав исходных горных пород, техногенных образований, подземных и поверхностных вод. Соответственно в паспорте отображаются следующие параметры:

- химический состав руд и рудовмещающих пород, почв, подземных и поверхностных вод (фоновый, текущий по датам в точках контроля);
- химический состав техногенных отложений;
- мощность техногенных отложений в водоемах и водотоках.

Геомеханическая группа процессов: нарушение напряженного состояния и устойчивости подработанных массивов горных пород при их вторичном замачивании; депрессионное уплотнение песчано-глинистых пород при снижении пластового давления; техногенные землетрясения. В условиях зоны техногенеза при мониторинге процессов данной группы предлагается с определенной регулярностью отбирать пробы грунтов и приводить их описание в точках контроля. В базу данных вносятся показатели:

- сопротивление грунтов сдвигу;
- плотность грунтов;
- трещиноватость горных пород;
- длина, ширина, глубина поверхностных трещин, прогибов или провалов.

Экзогеодинамическая группа процессов: включает проседание поверхности земли над подработанными участками; обрушения, формирующиеся в зоне сезонного колебания уровня подземных вод; оползневые и осыпные процессы при открытой разработке месторождений, формирующиеся при «мокрой» консервации карьерных выемок; химическое выветривание техногенных литоминеральных образований (отвалов, аэрогенных ореолов и др. объектов). Для учета процессов необходима фиксация в точках контроля:

- изменения степени трещиноватости горных пород;
- параметры формирования процессов гравитации;
- коэффициент пораженности карстово-суффозионными процессами.

В результате сформированы учетные таблицы по каждому блоку процессов. Положительная особенность выбора формата реляционной базы – это возможность комбинирования исходных данных в различном виде, что особенно существенно при формировании выборок [3].

Например, результаты опробования поверхностных и подземных вод 2014 г. занесены в таблицы электронного паспорта, что позволяет произвести выборку по результатам данных анализов по заданным поисковым критериям. Рисунок 1 отображает связи некоторых таблиц, по которым производится выборка. В условиях запроса (табл. 1) заложен отбор по среде опробования (поверхностные воды) и определяемому компоненту (показатель pH) из таблицы химических анализов. В качестве дополнительной информации вошли такие данные как сведение о сотруднике, отобравшем пробу (таблица «сведения о пробе») и населенном

пункте в котором проводился отбор проб (таблица «2-б-административная привязка»).

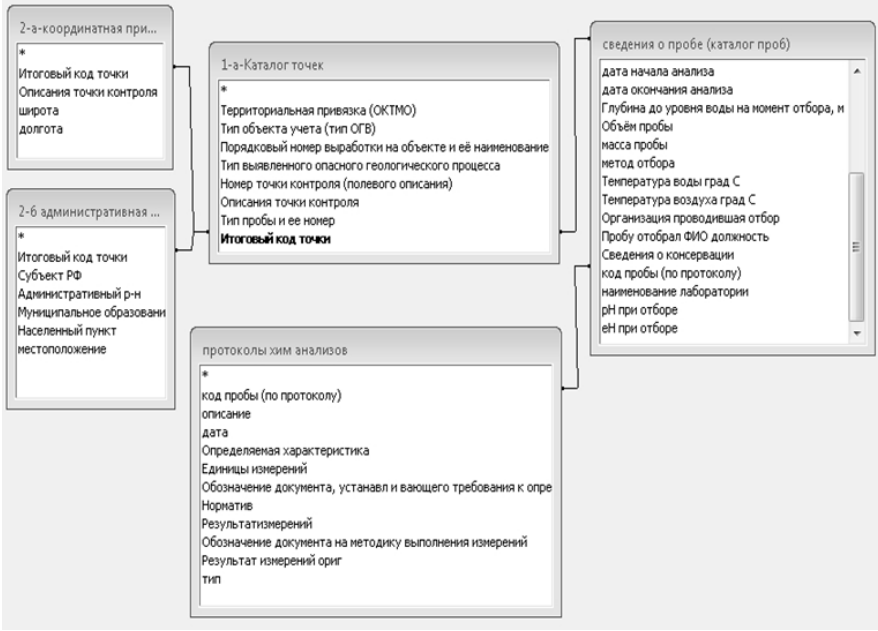


Рис.1. Пример связи таблиц, по которым производится выборка.

Таблица 1

Результат выборки данных по интересующим параметрам

Точка контроля	Тип пробы	Показатель	Дата отбора	Результат	Пробу отобрал	Нас. пункт
Т.Н. 6	поверхностные воды	pH	15.08.2014	2,57	Киндлер А.А.	г.Дегтярск
Т.Н. 7	поверхностные воды	pH	15.08.2014	2,74	Киндлер А.А.	г.Дегтярск

Пример 2, в некоторых случаях необходимо запросить данные по определенной территории или объекту, если пользователю не известен точный код искомых точек или их точное название, можно воспользоваться функцией частичного поиска информации (по частичному названию объекта) результат выборки представлен в таблице 2, форма поиска соответственно на рисунке 2.

В данном случае производилась выборка по наличию проб донных отложений по Ельчевскому пруду-отстойнику. Несмотря на то, что конечному пользователю не были известны точные коды точек наблюдения, это не помешало найти необходимую информацию, а благодаря

прикрепленным координатам возможно обновить информацию на картах (например, в ГИС-проектах).

Таблица 2

Результат выборки по частичному названию объекта

Описания точки контроля	Тип пробы	дата отбора	№ пробы по протоколу	широта	долгота
Ельчевский пруд отстойник Т.О. 1	проба донных отложений	22.07.2014	800к	56,769	60,064
Ельчевский пруд отстойник Т.О. 3	проба донных отложений	22.07.2014	801к	56,767	60,057

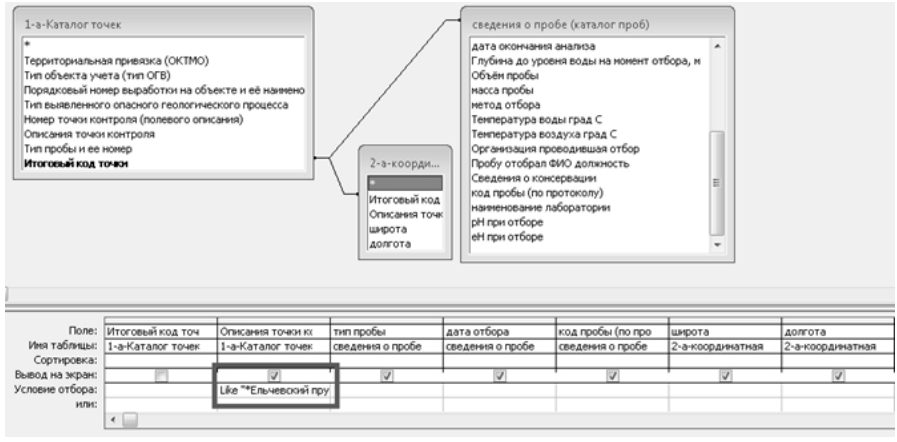


Рис.2. Пример формы поиска по частичному названию.

Таким образом, в ходе работы над электронным паспортом участка горного техногенеза пассивной стадии, выполнена разработка учетных таблиц паспорта, построенная по принципу верефицируемости содержащихся данных. Каждый из оцениваемых параметров имеет численную оценку, что дает возможность отслеживания динамики того или иного процесса, исключая косвенные сведения, способные дать спорное отображение ситуации. Полученный паспорт дает возможность хранить, заносить, и в дальнейшем преобразовывать и выводить информацию, сводя к минимуму временные затраты на поиск данных по различным разрозненным отчетам, актах обследований и прочих источников данных.

Полученная информация об опасном природно-техногенном объекте представлена в систематизированном виде, удобном как поисковых запросов, так и для последующего пополнения. На сегодняшний день проводится тестирование полученной системы на различных объектах.

Литература

1. *Елохина С.Н.* Техногенез затопленных рудников Урала. Автореф. Дисс. на соиск. уч. ст. д. г–м.н. Екатеринбург УГГУ. 2014.
2. *Елохина С.Н., Киндлер А.А.* Учет как управление геологическими опасностями на отработанных горных выработках (на примере Урала)// Известия ВУЗов «Горный журнал». 2016. N 4, с 51-57
3. ГОСТ 20886 -85. Организация данных в системах обработки данных. Термины и определения [Текст]. –Введ. 1986–07 –01 М. Изд-во стандартов, 1985.

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ ВОСТОЧНОГО ДОНБАССА

В.Н. Жур

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»,
344000, г.Ростов-на-Дону, пл.Гагарина, д.1. E-mail: reception@donstu.ru

Особенность инженерно-геологических и техногенных условий Восточного Донбасса заключается в распространении лессовых просадочных грунтов и подработке градопромышленных территорий, подверженных подтоплению [4]. Проявление трех указанных факторов (рис. 1) оказывает негативное влияние на состояние наземных объектов из-за возникающих неравномерных вертикальных и горизонтальных деформаций земной поверхности [1, 3, 5].

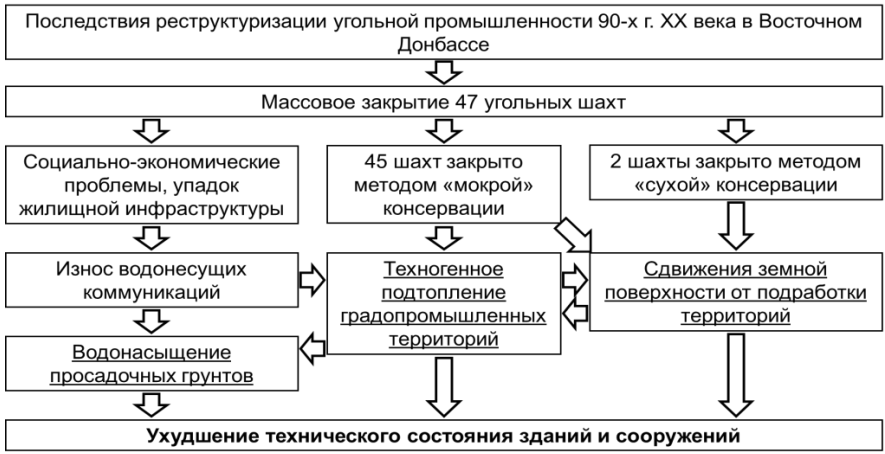


Рис.1. Причины нарушения нормальной эксплуатации задний и сооружений на градопромышленных территориях Восточного Донбасса.

Для оценки технического состояния наземных объектов при негативном воздействии подработки и просадки, предложена методика, основанная на положениях нормативных документов по проектированию зданий в рассматриваемых инженерно-геологических и техногенных условиях. Предлагаемый способ прогнозирования дальнейшей эксплуатации зданий заключается в расчете комплексного показателя Δl, зависящего от размеров здания в плане и высоты, а также деформаций земной поверхности.

Сравнивая сечения поверхностей оседания рельефа при подработке и просадке установлено, что в пределах криволинейных участков мульды сдвижения и просадочной воронки формируются идентичные зоны вертикальных и горизонтальных перемещений [6].

Процессы сдвижений от подработки и просадки грунтов выражаются общим набором параметров: вертикальные и горизонтальные перемещения, наклоны, кривизна и относительные горизонтальные деформации, которые суммируются для дальнейшего расчета показателя Δl.

$$\Delta l = l\sqrt{m_\varepsilon^2\left(\sum \varepsilon_j^*\right)^2 + m_k^2 H^2\left(\sum K_j^*\right)^2},$$

где: l и H – соответственно длина здания (отсека), мм, и его высота от подошвы фундамента до верха карниза, м;

m_ε и m_k – коэффициенты условий работы при учете воздействия на здание и сооружение относительных горизонтальных деформаций ε и кривизны K;

$\Sigma\varepsilon_j$*, ΣK_j* – соответственно расчетные величины горизонтальной деформации (безразм.), и кривизны, 1/м при одновременном воздействии подработки и просадки;

Для расчета параметров $\Sigma\varepsilon_j$* и ΣK_j* определены вертикальные и горизонтальные перемещения точек сечения воронки при просадке от собственного веса водонасыщенного грунта, где I – зона растяжения, II – зона сжатия (рис. 2, 3).

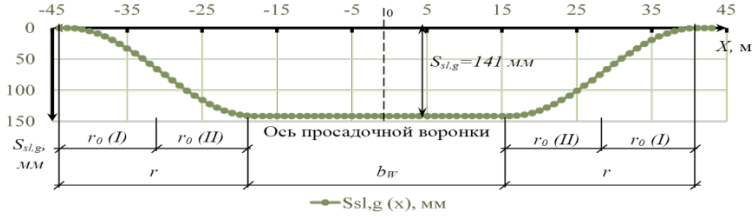


Рис.2. Вертикальные перемещения точек на поверхности замачиваемой толщи.

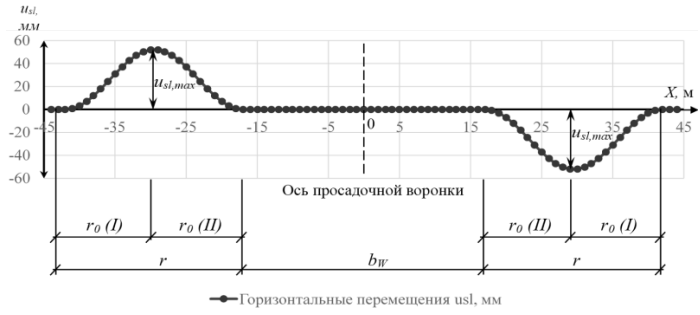


Рис.3. Горизонтальные перемещения точек на поверхности замачиваемой толщи.

А также определены параметры мульды сдвижения земной поверхности при однократной подработке (рис. 4, 5) [2].

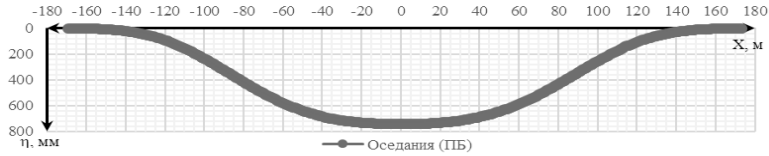


Рис.4. Оседания точек земной поверхности при подработке.

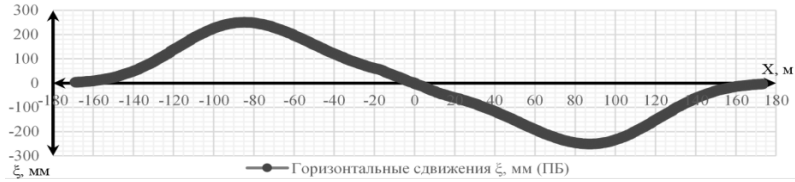


Рис.5. Горизонтальные сдвижения точек поверхности при подработке.

Полученные вертикальные и горизонтальные перемещения от просадки и подработки суммируются в соответствии с направленностью, после чего получены суммарные эпюры вертикальных и горизонтальных перемещений (рис. 6, 7).

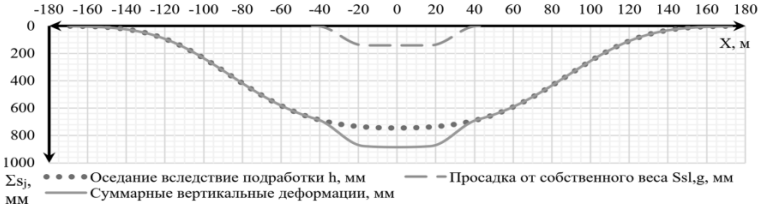


Рис.6. Суммарные вертикальные перемещения точек поверхности при подработке и просадке.

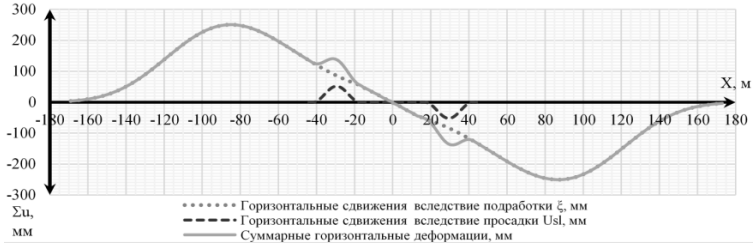


Рис.7. Суммарные горизонтальные сдвижения точек поверхности при подработке и просадке.

По суммарным вертикальным и горизонтальным перемещениям определяются кривизна и относительные горизонтальные деформации в зоне оседания поверхности.

Кривизна определяется как отношение разности наклонов в двух точках к расстоянию между ними:

$$\Sigma K_j^* = \frac{\Sigma i_{j+1} - \Sigma i_{j-1}}{l_1 + l_2},$$

где Σi_{j+1} и Σi_{j-1} – суммарные величины наклонов в точках кривой оседания, расположенных соответственно справа и слева от рассматриваемой точки j.

Относительные горизонтальные деформации определены исходя из абсолютных значений горизонтальных перемещений, отнесенных к расстоянию между рассматриваемыми точками:

$$\Sigma \varepsilon_j^* = \frac{\Sigma u_{j+1} - \Sigma u_{j-1}}{l_1 + l_2},$$

где Σu_{j+1} и Σu_{j-1}– суммарные величины горизонтальных сдвижений в точках кривой оседания, расположенных соответственно справа и слева от рассматриваемой точки j.

В рамках предложенной методики приведен пример оценки технического состояния пятиэтажного кирпичного жилого дома типовой серии 1-447, наиболее широко представленной в застройке шахтерских городов Донбасса.

Используя геометрические параметры здания, найденные горизонтальные деформации и кривизну, рассчитан показатель Δl в точках сечения оседаемой поверхности. Определены допустимый $[\Delta l_д]_{мз}$ и предельный $[\Delta l_п]_{мз}$ показатели деформаций в зависимости от конструктивных особенностей рассматриваемого объекта, грунтов основания, степени износа, конфигурации и имеющихся мер защиты. На графике (рис. 8) приведены результаты расчета, где сплошная кривая показывает распределение значений расчетного показателя Δl, штрихпунктирная горизонтальная линия – это допустимый, штриховая горизонтальная линия – предельный показатель деформации. При этом предельный показатель деформации используется для оценки воздействий по первой группе предельных состояний, допустимый показатель деформации – по второй.



Рис.8. Расчетный показатель деформации *Δl*, мм.

Техническое состояние объектов, подверженных воздействию подработки и просадки при подтоплении, оценивается максимальным значением комплексного показателя Δl в пределах контура здания в сравнении с допустимым $[\Delta l_д]_{мз}$ и предельным $[\Delta l_п]_{мз}$ показателями деформаций. Возможны следующие варианты оценки технического состояния:

1. Если $\Delta l < [\Delta l_д]_{мз}$, то эксплуатация здания может быть продолжена без особых ограничений и перерывов для проведения капитального ремонта и реконструкции. Могут потребоваться мероприятия по косметическому ремонту.

2. Если $[\Delta l_д]_{мз} \leq \Delta l < [\Delta l_п]_{мз}$, то дальнейшая эксплуатация затруднена или временно прекращена, требуются мероприятия по устранению последствий неравномерных деформаций в подземных и надземных конструкциях, усилению конструкций, назначаются мероприятия по геотехническому мониторингу.

3. Если $\Delta l \geq [\Delta l_п]_{мз}$, то эксплуатация должна быть прекращена, здание может быть признано аварийным после обследования и анализа несущей способности.

Таким образом, разработан аналитический метод оценки технического состояния зданий и сооружений, который основан на определении суммарных вертикальных и горизонтальных деформаций при подработке и просадке грунтов.

Литература

1. *Жур В.Н.* Выявление зон с неблагоприятными условиями эксплуатации зданий и сооружений на примере города Шахты // Академия строительства и архитектуры. 2017. С. 203-208. В сборнике: Строительство и архитектура-2017. Факультет промышленного и гражданского строительства Материалы научно-практической конференции. Министерство образования и науки Российской Федерации; ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет».

2. ПБ 07-269-98. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях.

3. *Прокопов А.Ю.* Применение картографического метода исследований для выявления опасных зон градопромышленных территорий (на примере города Шахты) //. Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2018. № 1. с. 35-51.

4. *Прокопов А.Ю., Жур В.Н., Рубцова Я.С.* Проблемы обеспечения безопасности городской застройки на подработанных территориях Восточного Донбасса // В сборнике: Сергеевские чтения. Инженерная геология и геоэкология. // Фундаментальные проблемы и прикладные задачи Юбилейная конференция, посвященная 25-летию образования ИГЭ РАН. Ответственный редактор В.И. Осипов. 2016. с. 346-351.

5. *Прокопов А.Ю., Жур В.Н., Ткачева К.Э.* О критериях оценки влияния опасных геологических процессов на застроенные территории Восточного Донбасса // В сборнике: Сергеевские чтения. Геоэкологическая безопасность разработки месторождений полезных. ископаемых. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии в рамках Года экологии в России. Научный совет РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. 2017. с. 107-111.

6. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений.

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ПРОВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК НА РАЗВИТИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Е.А. Звонарев, С.А. Корчак, И.В. Абатурова

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»,620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д.30. E-mail: evgen-zvonarev@mail.ru

Процесс проходки подземных горных выработок связан с нарушением природного равновесного состояния геологической среды, что в свою очередь отражается на развитии геодинамических процессов, как в самой выработке, так и на дневной поверхности. Как показывает мировая практика, развитие геодинамических процессов, связанных с подземными горными выработками, это сложнопрогнозируемый, многофакторный и продолжительный по времени процесс, охватывающий территории, превышающие границы горного отвода, и угрожающий жизни и здоровью людей, животных, приводящий к изменению экологического состояния территорий, потерям полезного ископаемого, полной или частичной потери хозяйственных земель на локальном участке.

На данный момент, как в России, так и в мире сохраняется тенденция снижения количества месторождений, отрабатываемых подземным способом. Переход на отработку открытым способом обусловлен развитием технологий и выпуском высокопроизводительной горной техники, что позволяет снизить затраты. Но существует ряд месторождений, на которых полезные ископаемые залегают таким образом, что метод подземной отработки является единственным экономически выгодным. Одним из таких месторождений является хромитовое месторождение Главное Сарановское, которое входит в целую группу рудных тел, содержащую 16% всех запасов хрома в России. Месторождение находится в Пермском крае, в окрестностях п.Сараны. Группа месторождений известна и отрабатывается с начала XIX в. Изначально работы велись на россыпях валунчатых руд и карьере, далее руды извлекали посредством проходки штольни, а в 1941 г. была введена в эксплуатацию шахта Сарановская «Рудная». На данный момент шахтными полями отработаны горизонты +280 и +220, ведутся работы на горизонтах +160 и +100, а также проектируются горные выработки до отметки –20 м.

Выбор подземного способа отработки Главного Сарановского месторождения обусловлен его геологическим строением и инженерно-геологическими условиями. Рудное тело представляет собой три крутопадающих слоя массивных и густовкрапленных руд мощностью от 1 м до 14 м, для которых вмещающими породами выступают апогипербазитовые серпентиниты с различной степенью метаморфических изменений (рис. 1). Весь массив разбит на блоки различного размера тектоническими разломами и пронизан дайками габбро-диабазов.

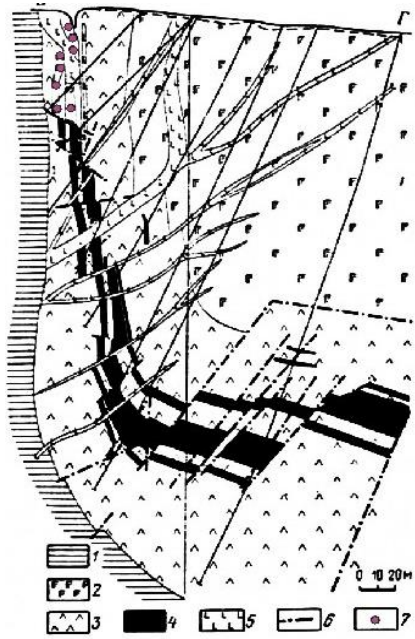


Рис.1. Схематичный разрез Сарановского месторождения:
1-кристаллические сланцы; 2-габбро; 3-перидотиты; 4-хромитовые руды; 5-габбро-диабазы; порфириты; 6-тектонические нарушения; 7- горные выработки.

При подземном способе отработки месторождений применяются различные системы: с естественным поддержание очистного пространства, с обрушением руд и вмещающих пород, с искусственным поддержанием очистного пространства. Выбранная система отработки должна обеспечивать безопасность ведения работ, высокую производительность труда, минимизацию потерь руды. При отработке верхних горизонтов шахты Сарановская «Рудная» применялся способ проходки сплошными камерами без закладки выработанного пространства, так как глубины заложения были менее 50 м. В результате погашения подземных пустот путем обрушения потолочин на участке протяженностью более 500 м сформировалась зона беспорядочного обрушения, которая достигла дневной поверхности.

Блочное строение и анизотропия массива горных пород при обрушении выработанного пространства определили наличие ровных вертикальных поверхностей отрыва в образовавшемся провале, высота которых более 30 м. В настоящее время зона обрушения представляет собой отрицательную форму рельефа глубиной 40-45 м, вытянутую в субмеридиональном направлении протяженностью около 600 м. Расположена зона обрушения в границах горного отвода, а по ее юго-западному борту на расстоянии 100-120 м размещены административные и производственные сооружения шахты, в том числе главный и вспомогательный шахтные стволы.

На современном этапе в зоне обрушения проявляются различные виды деформаций: оседание, сдвижение опрокидывание и обрушение структурных блоков (рис. 2), отчленяемых тектоническими трещинами в сочетании со сланцеватостью, получили локальное распространение участки мощных шлейфов осыпей и камнепадов.

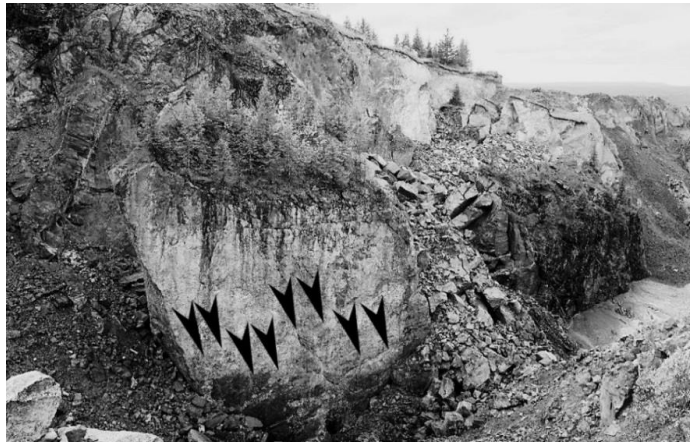


Рис.2. Отседание и сдвижение структурного блока в зоне обрушения.

Так же постоянно формируются рвы и трещины отрыва, преимущественно приуроченные к северо-восточному борту, что обуславливает сложный фистонический характер его бровки (рис. 3).

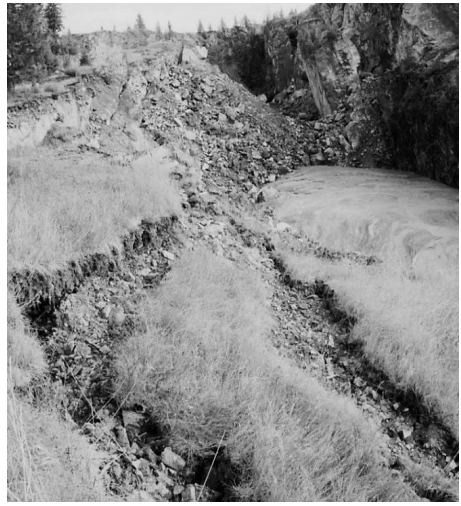


Рис.3. Бровка с трещинами отрыва в северо-восточном борту.

Вдоль северо-восточного борта зоны обрушения образовался участок земной поверхности, подвергшийся сдвижению – мульда сдвижения. Границы мульды сдвижения хорошо прослеживаются по характерным вертикальным движениям, составляющим 0,3-0,5 м и горизонтальным, в результате которых образовались трещины отрыва. Мульда сдвижения обрывается крутыми (вертикальными) стенами зоны обрушения. По бортам зоны обрушения наблюдается развитие геодинамических процессов: провалы, осыпи, обвалы, идет активная подработка бортов.

Для обвально-осыпных процессов характерно неравномерное распределение обломочного материала по фракциям, что является следствием геологического строения. Наиболее крупные фракции, представляющие собой отделившиеся от массива гигантские вертикальные блоки высотой 25-35 м, приурочены к породам гипербазитового комплекса и апогипербазитовым серпентинитам. Большинство таких блоков находится в относительно статическом состоянии, а их основание опирается на кристаллические породы нижней отметки зоны обрушения.

Единичные блоки перемещаются по рыхлому материалу бортов под действием силы тяжести. Процессы выветривания по породам гипербазитового комплекса развиты слабо, дробление крупных обломков связано лишь с трещиноватостью массива и наличием в нем зон ослабления. На участках обнажения контактов пород гипербазитового комплекса с вмещающими их сланцами продукты обвально-осыпных процессов представлены глыбами размером до 4х3 м с характерной слоистостью. В качестве заполнителя выступает щебень, образовавшийся в процессе дробления и выветривания сланцев различного состава.

Оползневые процессы развиты по бортам и вовлекают в себя почвенно-растительный слой и маломощную кору выветривания, представленную щебнем с супесчаным заполнителем.

На данный момент предпринята попытка использовать объем зоны обрушения в качестве емкости для размещения продуктов очистки шахтных вод (пульпы), что может привести к увеличению скоростей развития геодинамических процессов, особенно на участках, сложенных сланцами, теряющими свои прочностные свойства при увлажнении. С точки зрения негативного воздействия на природную среду, использование зоны обрушения в качестве хвостохранилища может привести к загрязнению подземных вод путем дренирования шахтных вод по трещиноватости.

С момента образования, провал и мульда сдвижения привели к потере земель, развитию опасных экзогенных геологических процессов, нарушению поверхностного стока, потери запасов полезного ископаемого за счет расположенного под зоной опасного сдвижения участка рудного тела.

На современном этапе отработка запасов ведется на глубоких горизонтах с естественным поддержанием очистного пространства и оставлением предохранительных целиков, поэтому развитие геодинамических процессов проявляется исключительно в горной выработке и угрожает безопасности проведения производственных процессов.

Геодинамические процессы в горной выработке, аналогично процессам в зоне обрушения, связаны с геологическим строением массива и выбранным способом проведения горных работ. Представленный на Рисунке 1 схематичный разрез отображает сложность геологического строения массива, генезис которого происходил в несколько этапов: формирование стратифицированного интрузивного тела на глубине, внедрение расслоенной пластичной интрузии по тектоническому нарушению, сопровождающееся процессами метасоматоза и регионального метаморфизма, внедрение в кристаллический массив дайкового комплекса габбро-диабазов. Таким образом, в результате генетических процессов сформировался неоднородный массив с анизотропией свойств, находящийся в естественном (природном) напряженном состоянии и подверженный на современном этапе воздействию горных выработок.

Для обеспечения безопасности горных работ применяются различные виды крепи: торкретирование, анкерная, арочная. Выбор крепи зависит от физико-механических свойств пород определенного петрографического типа, по которым проходят выработки, и наличия зон ослабления. На устойчивых участках, сложенных прочными слаботрещиноватыми серпентинитами, применяется торкретирование стен и кровли бетонным раствором.

Опасность при проходке представляют участки зон повышенной трещиноватости, дробления, брекчирования пород и интенсивной серпентинизации, отталькования. Здесь массив неустойчив, идет его разгрузка в выработку, что приводит к деформациям применяемой на подобных участках арочной крепи. Проявление горного давление в сочетании с естественной сланцеватостью пород, а также наличием систем трещин приводит к куполению кровли – увеличению высоты кровли от 0,2 м до 0,9 м.

При проходке горизонтальных выработок в прочных апогипербазитовых серпентинитах образуются зоны разряжения напряжений, что проявляется в виде образования заколов по системам трещин и вывалов отдельных блоков, достигающих в поперечнике до 1 м (рис. 4).



Рис.4. Вывал по системе трещин в подземной горной выработке.

В сланцах различного состава разряжения напряжений проявляется в виде шелушения кровли и стенок. На участках распространения толщ сланцев серицит-хлоритового состава можно наблюдать осыпи, очевидно формирующиеся за счет боковой разгрузки напряжений прочных пород в зону малопрочных сланцев с последующим их дроблением. Для обеспечения безопасности горных работ по выработкам, проходящим в апогипербазитовых серпентинитах, применяют анкерную крепь при крупноблочном строении и арочную крепь с многослойной деревянной затяжкой бревном на участках распространения от среднетрещиноватых до сильнотрещиноватых пород.

В выработках, проходящих по сланцам, применяется арочная крепь с многослойной деревянной затяжкой доской.

Таким образом, инженерно-геологические условия месторождений, разрабатываемых подземным способом, определяют выбор применяемой крепи и способы проведения горных работ. От выбранной системы отработки месторождения и от состояния массива зависит безопасность работ, риски развития геодинамических процессов, как в горной выработке, так и их проявление на дневной поверхности. Перечисленные условия отработки так же определяют изменения геологической среды в постэксплуатационный период.

Литература

1. Абатурова И.В., Стороженко Л.А., Савинцев И.А., Козлов В.С. Обеспечение условий отработки месторождений полезных ископаемых подземным способом инженерно-геологическими данными // В сборнике: Безопасность труда и эффективность производства горнодобывающих предприятий с подземным способом разработки. Екатеринбург - 2016. с. 70-76.

2. *Абатурова И.В., Савинцев И.А., Стороженко Л.А., Борисихина О.А.* Разведка и разработка рудных месторождений и их влияние на геоэкологические условия // В сборнике: Сергеевские чтения. Геоэкологическая безопасность разработки месторождений полезных ископаемых материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии в рамках Года экологии в России. Научный совет РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Москва - 2017. с. 7-11.

3. *Алексеев А.А., Алексеева Г.В., Ковалев С.Г.* Расслоенные интрузии западного склона Урала. Уфа: Гилем, 2000.

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ НАЛЕДЕЙ НА ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЯХВ ПРЕДЕЛАХ ПРИЛЕНСКОГО ПЛАТО

Л.Д. Иванова, В.В. Самсонова

Институт мерзлотоведения СО РАН им. акад. П.И. Мельникова,
677010, г. Якутск, ул. Мерзлотная, 36. E-mail: ldivanova@mpi.ysn.ru; vsamsonova@mail.ru

Наледеобразование характерно для территорий с развитием многолетнемерзлых пород или со значительной мощностью сезоннопромерзающего слоя. Формирование наледей тесным образом связано с геологическими, морфологическими, климатическими и гидрогеологическими условиями, в частности, с особенностями разгрузки подземных вод. При этом наледи оказывают влияние на окружающую среду и воздействуют на линейные сооружения, нефтепроводы, газопроводы и другие объекты инфраструктуры. В этой связи изучение, мониторинг и прогнозирование наледеобразования в условиях потепления климата, в части проблем изменения окружающей среды в условиях активного техногенеза и обеспечения эксплуатационной безопасности линейных сооружений весьма актуальны.

Наледи представляют собой ледяные тела, обычно слоистого строения. Они являются продуктами послойного замерзания изливающихся зимой на дневную поверхность различных типов вод под действием гидростатических и гидродинамических сил. Формирование грунтовых наледей происходит на тех участках, где приток подземных вод на пути их движения превышает пропускную способность пород. Аналогично формируются речные наледи, когда пропускная способность снижается вследствие перемерзания русла реки [1].

Распространение наледей на территории прохождения магистральных трубопроводовв юго-западной Якутии определяется комплексом природных условий, на которые накладываются техногенные факторы. Распределение природных наледей по территории чрезвычайно неравномерно, поскольку магистральные трубопроводы пересекают несколько геоморфологических уровней Приленского пластового плато, зоны крупных разломов, а также районы с различной прерывистостью криолитозоны.

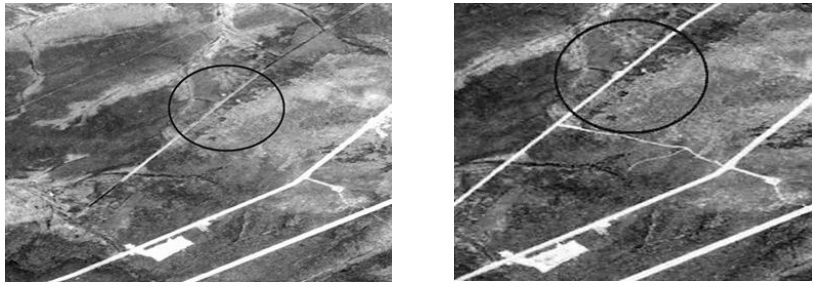
Наледи и линейные инженерные сооружения находятся в тесном взаимодействии. При нарушении условий теплообмена на поверхности и в массиве грунтов основания сооружений в ходе строительства начинается опускание кровли многолетнемерзлых грунтов и активизация процессов наледеобразования. Большая протяженность и сложность прохождения трассы в условиях развития многолетнемерзлых и талых пород обуславливает гидрогеологические риски, вызванные нарушением водно-теплового режима грунтов в результате вырубки леса, перераспределения

снежного покрова, строительства различных насыпей, подрезки склонов и т.д. Вся совокупность последствий техногенных воздействий влечет нарушение условий поверхностного и подземного стока, путей прохождения поверхностных водотоков, вскрытие подземных водоносных горизонтов, изменение водно-теплового режима пород. Изменение мерзлотно-гидрогеологических условий приводит к наледеобразованию на участках, где в зоне трасс трубопроводов до строительства оно отсутствовало, т.е. к формированию техногенных наледей.

При возведении линейных сооружений необходимо заранее предусматривать противоналедные мероприятия. К потенциально наледеопасным участкам можно отнести поймы рек, тыловые швы речных долин и структурных террас, закарстованные водоразделы и т.д. Интенсивность наледеобразования и сопутствующих потенциальных опасных инженерно-геологических процессов (изменение уровня грунтовых вод, фильтрационных свойств пород, пучение/осадка грунтов, инъекционное льдовыделение, суффозия, эрозия, заболачивание) зависят от динамики мерзлотно-климатических и мерзлотно-гидрогеологических, а также геолого-геоморфологических условий формирования наледей в зоне прокладки трубопроводов.

Для выявления участков и оценки условий формирования техногенных наледей были использованы космоснимки из каталога Совзонд, содержащие информацию о покрытиях с привлечением космоснимков высокого разрешения с наиболее востребованных спутников ДЗЗ. Использованы космоснимки со спутников БКА, «Канопус-В», ALOS/Avnir , ALOS/Prism, Deimos-1, GeoEye, Ikonos, KOMPSAT-2, KOMPSAT-3, Planet, Pleiades, QuickBird, RapidEye, Spot-6, TH-1, WorldView-1, WorldView-2, WorldView-3, а также результаты наземного наблюдения за 2016-2018 гг. При просмотре космоснимков были отбракованы нечеткие снимки, снимки с большим процентом облачности и повторяющиеся. Было установлено, что удельная интенсивность наледеобразования (исходя из общего количества природных, природно-техногенных и техногенных наледей, формирующихся в зоне трассы) в 2018 г., имела значение более 1/10 км.

При строительстве трубопроводов происходит техногенное вмешательство в природную среду, вызывающее формирование наледей на различных уровнях. Так, формирование техногенной наледи на валике трубопровода (рис. 1, 2), вызывает более интенсивное промерзание водонасыщенных грунтов в траншее на завершающей фазе транзита подземных вод по этому каналу в холодный период года и соответственно более интенсивное пучение грунтов и льдовыделение на контакте литологических разностей, как и трубы с грунтами основания.



а б

Рис. 1. Зона трассы трубопровода на космоснимках: а) апрель 2015 г. – наледи на просеке по оси трассы нет; б) апрель 2018 – начало формирования наледи на валике.

Летом 2018 г. на валике в пределах одного из участков формирования техногенных наледей было обнаружено два выхода подземных вод из грунтов обратной засыпки траншеи – один с двумя грифонами, второй с шестью. Это не единственный зафиксированный во время наземного обследования выход подземных вод из траншеи, доказывающий их транзит по этому каналу на участках, где на коренных породах залегает горизонт щебнистых грунтов. Так, например, обнаружен грифон и многочисленные формы поглощения поверхностных вод валиком и проявления суффозии (рис. 2). Именно поэтому по тальвегу ручьев, даже на участках, где до строительства трубопровода не было наледеобразования, сформируется техногенная наледь, как это и наблюдается в настоящее время.

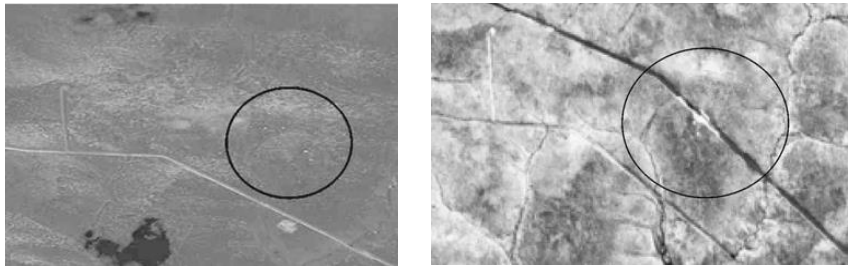


а б

Рис. 2. Траншея с грунтами обратной засыпки – коллектор подземных вод: а) грифон по оси валика трубопровода на участке формирования техногенной наледи; б) приводораздельный участок прокладки трассы трубопровода, где происходит поглощение воды ручья валиком.

Аналогично формируются наледи на валиках трубопроводов на участках развития водораздельного карста при нарушении путей разгрузки подземных

вод (рис. 3). При поступлении дополнительного объема подземных вод концентрирующихся в траншее можно ожидать увеличения мощности льда наледи в зоне трассы трубопровода, т.е. более интенсивной теплоотдачи с поверхности – выхолаживания массива грунтов на участках ее формирования (за исключением зон водоносных таликов).

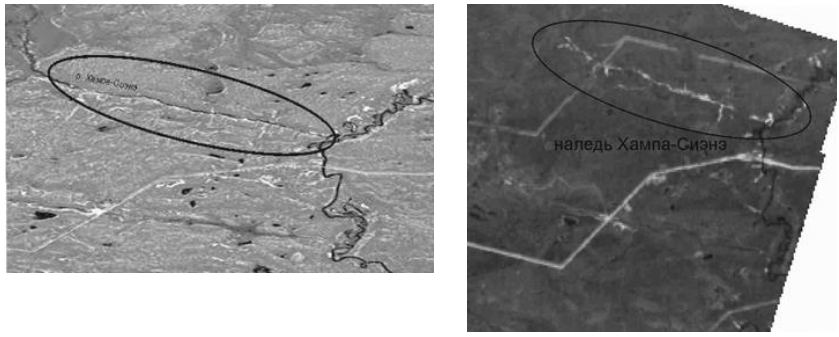


а б

Рис. 3. Зона трассы трубопровода на космоснимках: а) май 2015 до прокладки трассы трубопровода – наледи нет, белые точки – карстовые воронки; б) май 2018 г. – на валике трубопровода образовалась техногенная наледь.

Широко распространенное по трассе трубопроводов поверхностное подтопление, в большинстве случаев может быть устранено мероприятиями по инженерной защите – за счет обеспечения работы водопропусков и сооружения нагорных канав. Однако на участках наледеобразования водопропуски в зимний период не эффективны, поскольку они заполняются льдом. Помимо этого, следует обратить внимание на то, что для участков наледеобразования характерна деформация валика, обеспеченная проявлением комплекса процессов – пучение и осадка грунтов валика, эрозия, суффозия, подтопление. Условия и механизмы реализации этих процессов весьма специфичные и сложные.

Природные (в прошлом) наледи, изменяющие свою форму и далеко распространяющиеся от своего обычного (до строительства трубопровода) местоположения относятся к природно-техногенным, например, наледь на рис. 4. На космоснимке 2012 г. до строительства магистрального трубопровода наледь на р. Хампа-Сиэнэ была незначительных размеров и небольшой мощности. В мае 2017 г. после строительства трубопровода сформировалась наледь длиной почти 3,5 км.



а б

Рис. 4. Природная наледь на космоснимках: а) в мае 2012; б) в мае 2017 г.

Анализ космоснимков на рассматриваемой территории и наземное обследование показали, что на этом участке трассы трубопровода развиты наледи надмерзлотных вод сезонно-талого слоя, надмерзлотных грунтовых вод, частично промерзающих и не промерзающих, межмерзлотных вод подрусловых таликов и смешанного питания (подземных и поверхностных вод). Мелкие наледи подземных вод по ходу трассы встречаются чаще. Наличие плоских низин, куда стекаются подземные воды, супесчано-суглинистый состав пород с небольшим содержанием дресвы и щебня провоцируют промерзание пород и возникновение криогенного напора, при котором идет разгрузка подземных вод и формирование наледей и бугров пучения. Наледи смешанного питания грунтовых и поверхностных вод формируются в хорошо выработанных долинах рек.

Таким образом, научное сопровождение проектов магистрального транспорта углеводородов позволяет выявить неизвестные ранее региональные закономерности и особенности геокриологических условий в пределах труднодоступных территорий. Дальнейшее изучение наледеобразования, мониторинг его влияния на вмещающие и окружающие ландшафты даст возможность провести адекватную оценку инженерно-геологическихпроцессов,сопутствующих формированию техногенных наледей на трубопроводах ивыработать рекомендации по минимизации их негативного воздействия на устойчивость линейных сооружений.

Литература

1. *Толстихин Н. И.* Подземные воды мерзлой зоны литосферы. М.–Л., Госгеолиздат, 1941. – 201 с.

АКТИВИЗАЦИЯ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПРЕДЕЛАХ ШАХТНЫХ ПОЛЕЙ ЧУСОВСКОГО РАЙОНА ПЕРМСКОГО КРАЯ В ПЕРИОД 2015-2017 гг.

О.И. Кадебская, М.В. Богомаз, Н.В. Лаврова

Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Горный институт. Пермский край, г. Пермь, ул. Сибирская, д.78-А
E-mail: icecave@mi-perm.ru

Для предотвращения ряда аварийных и чрезвычайных ситуаций, связанных с развитием провальных явлений на подработанных территориях, прежде всего, необходимо четко представлять состояние геологической среды. В этом случае крайне необходим комплекс работ, включающий выполнение мониторинговых наблюдений и ведение банка данных опасных геологических процессов (ОГП), в том числе провальных явлений. Данные работы по обследованию провалов на территории Пермского края осуществляются сотрудниками Горного института УрО РАН в рамках государственных контрактов с Министерством природных ресурсов Пермского края.

За период 2015-2017 гг. над горными выработками шахтных полей Чусовского района Пермского края зафиксировано 11 провалов. В административном отношении они расположены на территории пос. Скальный, к северу от него и юго-западу от пос. Половинка, в пределах производственного поля шахты Скальная Кизеловского каменноугольного бассейна. Образование провалов представляет реальную опасность для жизнедеятельности на территории п. Скальный и угрожает эксплуатационной сохранности инженерных объектов.

Описание провалов.

Провал № 1 расположен на территории п. Скальный у дороги в 300 м от жилых домов северного окончания ул. Железнодорожная. Имеет размеры 4,9 на 4,1 м и глубину до 2 м. Форма провала в плане округлая, в разрезе коническая наклонная (уклон в сторону долины реки Глухая), в стенках наблюдается глина, глыбы известняка.

Провал № 2 находится в 35 м на юг от провала № 1. Имеет размеры 3,2 на 2,8 м и глубину 0,3 м. Форма провала в разрезе круглая, в разрезе чашеобразная.

Провал № 3 находится в 86 м на юго-восток от провала № 1. Имеет размеры 6,6 х 4,7 м и глубину 1,5 м. Все провалы расположены примерно на одной линии, что косвенно свидетельствует о приуроченности их к линии разведочных или эксплуатационных выработок. Обследование проведено 9 июля 2015 г.

Провал № 4 расположен за огородом жилого дома № 8 по ул. Новая в 50 м на восток. Имеет размеры 2,9 на 2,1 м и глубину 2,5 м. Форма провала в плане округлая, в разрезе сложная: до глубины 1,1 м цилиндрическая, глубже до 2,5 м наклонная (в восточном направлении). В стенках прослеживается следующий разрез: 0,0-0,3 м – шлак, 0,3-0,7 м глина, 0,7-2,1 м глина с обломками мергеля, 2,1-2,5 м плитчатый известняк. Обследование проведено 20 мая 2016 г.



Рис. 1. Расположение провалов на территории Скальнинского сельского поселения Чусовского района Пермского края.

Провал № 5 расположен на искусственной насыпи высотой до 1,5 м на краю леса в 200 м на восток от жилых домов северного окончания ул. Железнодорожная. Имеет размеры 3,0 на 3,0 м и глубину 14 м. Форма в плане до глубины 3 м округлая, в разрезе коническая. Далее до 14 м форма в плане прямоугольная, размеры 2,5 х 1,8 м. На глубине 8 м прослеживается уклон под углом 60° на восток в сторону долины реки Глухая. В стенках представлен следующий разрез отложений с поверхности до глубины 3 м – глина, щебень и глыбы песчаника, на глубине 3 м горизонтально лежащее бревно. Ниже бревна песчаник монолитный слоистый сильно ожелезненный увлажненный со следами проходки горными инструментами. На глубине 13 м угольный прослой мощностью 0,3 м. Вначале уклона остатки сломанной деревынной крепи. Дно выработки заполнено обводненной глиной. Обследование проведено 12 июля 2016 г.

Провал № 6 расположен на искусственной насыпи высотой до 1,5 м в 20 м на восток от дороги у северного окончания ул. Железнодорожная. Имеет размеры 2 на 2 м и глубину 2 м. Форма в плане круглая, в разрезе прямоугольная. В северной стене фиксируется глыба песчаника, под которой имеется полость с уклоном в северном направлении. Обследование проведено 12 июля 2016 г.

Провал № 7 расположен к северу от пос. Скальный в 190 м от пересечения на северо-запад в 20 м от линии ЛЭП на запад. Имеет размеры 8 на 8 м и глубину 5,5 м. Форма в плане круглая, в разрезе конусообразная. В западном борту видны деревянные бревна, скрепленные коваными скобами. В центре провала расположен вход в горную выработку, куда непосредственно поступают талые и дождевые воды.

Провал № 8 расположен к северу от пос. Скальный в 780 м на северо-запад от съезда с автомобильной дороги, в 15 м на восток от линии ЛЭП. Имеет размеры 5 на 5 м и глубину 3 м. Форма в плане круглая, в разрезе конусообразная. По краям провала расположены отвалы горной породы. В западном склоне провала виден уходящий на глубину стальной трос. В 10 м к западу расположены насосные трубы, выходящие на поверхность из выработок.

Провал № 9 расположен к северу от пос. Скальный в 800 м на северо-запад от съезда с автомобильной дороги, в 30 м на запад от линии ЛЭП. Имеет размеры 6 на 4 м и глубину 3 м. Форма в плане овальная, в разрезе конусообразная. В восточной стене наблюдается уклон в сторону ЛЭП. По краям отвалы горной породы.

Провал № 10 расположен в 620 м на юго-запад от выезда из поселка Половинка по направлению к колонии, расположенной к югу. Имеет размеры 6 на 3 м и глубину 4 м. Форма в плане овальная, в разрезе конусообразная. С северной стороны к провалу подходит небольшая ложбина, по которой во впадину стекают дождевые и талые воды. На дне скальный выход песчаника, под которым наблюдается полость с уклоном в северном направлении.

Провал № 11 расположен в 650 м на запад от выезда из поселка Половинка по направлению к колонии, расположенной к югу. Имеет размеры

4 на 4 м и глубину 2 м. Форма в плане круглая, в плане конусообразная. В западном склоне провала виден уходящий на глубину стальной трос.

Геологоразведочные работы в пределах Южно-Скальнинского участка проводились с 1938 по 1952 г. По данным архивных скважин пласты каменного угля залегают в прослоях песчаника терригенных отложений визейского яруса нижнего карбона, граничащих с известняками того же возраста.

Шахта Скальная-1 была введена в эксплуатацию в 1942 г. и внесла значительный вклад в обеспечение топливом промышленных предприятий Урала. В 1959 г. была введена в эксплуатацию шахта Скальная-2 с производственной мощностью 200 тысяч тонн в год. После объединения с шахтой Скальная-1 она стала называться шахта Скальная с производственной мощностью 380 тысяч тонн в год или 1267 тонн в сутки. Шахта входила в состав комбината Кизелуголь, треста Гремячинскуголь и была закрыта в 1998 г.

После закрытия шахты поселок стали покидать местные жители, сейчас это населенный пункт, где проживают в основном пенсионеры, численностью менее 2 тыс. человек. Большое количество провальных образований, произошедших в последнее время, сказываются на планах дальнейшего развития поселения, а также наводят дополнительный негатив в эмоциональном восприятии жителей поселка. Наши работы неоднократно помогали административным органам Чусовского района и службам МЧС выяснить генезис провального процесса, выявить факторы его обуславливающие и произвести ликвидацию ОГП.

В ходе исследования было установлено, что все зафиксированные провалы не связаны с природными карстовыми процессами, а произошли над заброшенными горными выработками, вследствие деформации залегающих выше пород, при выносе грунта в выработки или обрушениях сводов. Крутое падение карстующихся известняков и их трещиноватость благоприятствуют к разуплотнению верхней толщи и суффозионному вымыванию отложений. В настоящий момент сведения по всем провалообразованиям заносятся в базу данных и используются для расчетов риска карстоопасности, а также учитываются при разработке проектно-планировочной документации поселений расположенных на карстоопасных территориях.

МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ РАЗРУШИТЕЛЬНЫХ ГЛУБОКИХ ОПОЛЗНЕЙ НА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ И В ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНАХ

А.И. Казеев

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

Введение. Оползневая проблематика всегда являлась значимой, как при освоении городских, так и горнопромышленных территорий. Ведение горнодобывающих работ неизбежно связано с необходимостью обеспечения долговременного стабильного существования бортов карьеров, отвалов горных пород, прилегающих склонов, а также безопасности самого производственного процесса. Концепция устойчивого развития городских территорий также в настоящее время приобретает особую значимость, являясь приоритетным направлением «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» (указ Президента РФ № 642 от 01.12.2016 г., направление Н7).

Крупные оползневые события последних лет, произошедшие как в г.Москве, так и в крупных горнопромышленных районах Кузбасса привлекают к данной проблеме пристальное внимание специалистов. Так, например, ущерб от оползня, произошедшего в борту Внешнего отвала №1 разреза «Заречный» в Кузбассе в 2015 г. составил более 2-х млрд. руб. Стоимость же запроектированных противооползневых мероприятий на участке активизации оползневых смещений в 2006 г. в оползневом цирке Хорошево-1 в г.Москве превысила 900 млн. руб.

О механизме глубоких блоковых оползней. Оползни сжатия (другие наименования: оползни-блоки, оползни выдавливания, раздавливания, оседания, выпирания) формируются в допредельном состоянии (до образования поверхности скольжения) по схеме сжатия [6]. Деформируется, раздавливается под весом покрывающих пластов горизонт, структурная прочность грунта которого меньше действующей вертикальной сжимающей нагрузки, а возникающее горизонтальное распорное давление в этом слое не находит реактивного противодействия со стороны склона (зоны разгрузки вертикальной нагрузки). Вследствие допредельного деформирования грунтов раздавливаемого горизонта в сторону склона происходит прогиб (оседание) вышележащего массива подобно консоли, с формированием в зоне (зонах) изгиба сначала концентрации растягивающих напряжений, а затем – трещины закола. Далее по этой трещине отделяется и оседает по крутой криволинейной поверхности скольжения оползневой блок в катастрофическую фазу оползневого цикла (стадию основного смещения оползня), разделяемый в процессе деформирования секущими трещинами на

отдельные части. Это, в свою очередь, резко ускоряет движение всей оползневой зоны [6]. Впереди блока нередко образуется вал выпирания (выдавливания). Поверхность скольжения в средней и нижней частях склона выполаживается и может быть близкой к горизонтальной.

Особенности механизма оползня на Внешнем отвале № 1 разреза «Заречный» (Кузбасс).

Катастрофическое смещение откоса отвала произошло 01.04.2015. Участок формирования оползня приурочен к левому склону долины р. Кыргай. Ближайшим населенным пунктом является с.Большая Талда (рис.1).



Рис.1. Схема расположения Внешнего отвала №1.

Формирование отвала в виде протяженных ступеней способствует развитию оползней по типу сжатия-выдавливания, как при нарушении устойчивости на локальном участке откоса, так и с захватом всего откоса.

Оползневые подвижки по данному механизму в грунтах отвала могут формироваться как с захватом одной-двух ступеней, так и на всю высоту отвала при образовании крупных смещений, как имело место при образовании оползней на Внешнем отвале №1 в 2010 и 2015 гг.

Основная причина возникновения оползня заключалась в том, что нижний ярус отвала находился в состоянии, близком к предельному значению. Обводнение подножья откоса отвала, негативное изменение гидрогеологических условий и напряженно-деформированного состояния массива отвальных масс, развитие оползания откосов нижних ярусов, привели к нарушению равновесия нижней части отвала и развитию глубоких оползневых подвижек всего склона (рис. 2, 3).

Наличие протяженных многоярусных уступов с мощностью отвальных масс до 70-80 м в верхней части откоса, способствует нарушению равновесия на широком фронте по механизму образования оползней сжатия-выдавливания, с образованием протяженных трещин «закола», формированием массивных оползневых блоков и развитием глубоких

оползневых подвижек на большей части склона. Т.е. предполагаемый очаг активизации оползневого процесса, по сравнению уязвимой протяженной центральной его частью в 100-200 м и более, может быть шириной 600 м и более.



Рис.2. Вид на оползень на Внешнем отвале № 1разреза «Заречный» (апрель 2015 г.).



Рис.3. Вид на Внешний отвал №1: ненарушенная часть отвала (слева) и оползневой цирк (справа). На переднем плане видна выемка под ж/д, пройденная в теле оползневых масс.

«Спусковым крючком» начала активизации оползневого процесса могли послужить атмосферные осадки. Известно, что в марте 2015 г. количество осадков составило порядка 220% месячной нормы.

Дополнительным негативным фактором активизации разрушительного оползня в 2015 г. являлось наличие в массиве отвала участка с унаследованной поверхностью скольжения, сформировавшейся в период подготовки и смещения оползня в апреле 2010 г.

Формирование подвижки тела оползня началось с оползания обводненных откосов нижней ступени отвала (по типу неглубоких оползней разжижения-течения и сдвига-скольжения), и последующим нарушением равновесия нижних уступов, с разгрузкой напряжений в глубоких горизонтах массива, определяющих упорную часть откоса отвала. Разгрузка напряжений достигает верхней части откоса отвала с наибольшей мощностью отвальных масс, где формируется высокое вертикальное давление на глубокие горизонты.

Из теории расчета ограждений и подпорных стен известно, что достаточно отодвижки подпорной стены на доли миллиметра, как достигается предельное состояние и происходит нарушение равновесия поддерживаемого массива.

Имеет место нарушение равновесия склонового массива по типу оползней сжатия-выдавливания, оседание отделяющегося массива на всю глубину оползневого деформирования в этой части откоса, с раздавливанием и подвижкой нижерасположенных уступов, с возможным локальным выпором оседающими блоками перемятых грунтовых масс. Далее происходит общее поступательное перемещение оползневых масс по типу оползней сдвига-скольжения (под давлением верхних массивных оползневых блоков) по сформированной поверхности смещения в четвертичных отложениях наклонного основания.

Стоит отметить, что активизация оползня на Внешнем отвале №1 произошла, не смотря на то, что общий уклон бортов отвала был выдержан, в соответствии с нормативными документами [1, 7].

Особенности развития глубоких оползней в г.Москве

Большие трудности для хозяйственного освоения городских территорий также возникают на оползнеопасных склонах и участках развития глубоких оползней сжатия-выдавливания, вызывая необходимость учета особенностей механизма данных оползней в защитных мероприятиях и стратегии освоения склоновой территории [3, 4].

На территории г.Москва, в частности, расположено 15 крупных оползневых цирков с развитием глубоких блоковых оползней сжатия-выдавливания. Данными оползнями в пределах города поражены берега рек Москва и Сходня.

Оползневой цирк на Воробьевых горах является самым крупным (рис. 4), располагаясь в излучине р.Москва. Габариты оползневого цирка достигают 4,5х0,4 км. Водораздельное плато представляет собой флювиогляциальную равнину с абсолютными отметками в пределах бровки склона до190,0 м (в районе ул.Косыгина). Урез реки находится на абсолютных отметках 120,0 м,

абсолютные отметки дна 115,0-117,0 м. Максимальная высота оползневого склона достигает 63,0 м.



Рис.4. Вид на оползневой цирк Воробьевых гор и метромост.

Оползневой цирк в нынешних размерах образовался вследствие развития локальных оползневых очагов, в которых происходили подготовка и отделение оползневых блоков. К настоящему времени каждый указанный очаг, которых в пределах Воробьевых гор нами было выделено шесть, представлен смещенными массивными оползневыми блоками в виде ступеней, располагаемых на разных отметках (в т.ч. в пределах соседних очагов), с понижением их значений к урезу реки.

Согласно данным проведенных недавно инженерных изысканий и мониторинга, глубокие подвижки отмечаются на разных участках склона. Выявлены места развития трещин в краевой части плато. Среднемноголетние скорости оползневых смещений на склоне составляют от 2-3 до 4-6 мм/год. На набережной р.Москва постоянно появляются трещины на отремонтированных участках, местами возникают участки проседания грунта.

В районе Метромоста выявлены деформации надоползневого уступа по обе стороны разрушенной эскалаторной галереи (ведущей от станции метро «Воробьевы горы» на ул.Косыгина). По данным наблюдений ФГУП «Фундаментпроект» (2004-2006 гг.) скорость осадок реперов составляет 5,0 мм/год. Визуально фиксируются вертикальные трещины на стене эскалаторной галереи.

По другим створам также отмечается активность глубоких оползневых подвижек по появлению трещин на краевой части плато (ул.Косыгина), на откосной верхней части склона, а также по деформированию покрытия

набережной. Так восточнее метромоста установлено смещение стенки набережной в сторону реки на 145 мм с 1961 по 2003 гг.

Что касается развития поверхностных оползней, то их проявления отмечаются повсеместно на всей территории оползневого склона. Их возникновение и распространение связано не только с рельефом оползневого склона, с техногенным воздействием (локальные выемки и насыпи, избыточное обводнение грунтов и др.), но и с развитием глубоких подвижек.

Таким образом, глубокие оползни на участке Воробьевых гор проявляют постоянную активность, вызывая смещение оползневых блоков как поступательно, по установившейся горизонтальной поверхности скольжения, так и с возможным вращением, по круговой поверхности скольжения каждого блока. Причем глубина до горизонтальной поверхности скольжения максимальна в центральной части оползневого цирка (центральном очаге), и находится на более высоких гипсометрических отметках в краевых очагах.

При этом оползневые смещения на склоне могут идти с выявленными скоростями в течение сотен лет, пока в определенной части оползневого цирка не будет достигнуто предельное состояние надоползневого уступа. Последующая активизация оползневого процесса с заколом и оседанием новых оползневых блоков может происходить весьма разрушительно, в соответствии с механизмом развития оползней данного типа.

Заключение. При освоении как горнопромышленных, так и городских территорий возникает необходимость обеспечения безопасного устойчивого состояния искусственных откосов и природных склонов, а также располагаемой инфраструктуры и инженерных объектов.

Глубокие блоковые оползни сжатия-выдавливания широко распространены в нашей стране, прежде всего в условиях платформенных структур, где породы имеют близкое к горизонтальному залегание и встречаются выдержанные горизонты глинистых пород [2]. Однако наличие глинистых прослоев не является обязательным условием развития оползней данного типа, а в роли основного деформирующегося горизонта могут выступать практически любые по литологическому составу горные породы [5].

Рассмотренные примеры с развитием разрушительных крупных глубоких оползней в различных регионах нашей страны показывают, что оползневые смещения и подготовка к активной фазе основного смещения здесь идут по одному механизму – сжатия-выдавливания, а активизация оползневых смещений приводит к колоссальным ущербам.

Работа подготовлена при поддержке РНФ (проект № 18-77-00065).

Литература

1. Инструкция по наблюдению за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на разрезах и разработка мероприятий по обеспечению их устойчивости. М.: ВНИМИ, 1971. 123 с.

2. Оползни и сели / Шеко А.И., Постоев Г.П., Кюнтцель В.В. и др. / Гл. ред. Козловский Е.А. М.: Произв.изд. комбинат ВИНИТИ, 1984. Т.1. 352 с.

3. Патент на изобретение №2413056. Способ укрепления оползнеопасного массива склона. 27.02.2011. Бюл.№ 6. Г.П. Постоев, А.И. Казеев.
4. *Постоев Г.П., Казеев А.И.* Анализ мероприятий по защите склоновой территории от глубоких оползневых подвижек // Геоэкология. 2013. №3. с. 224-231.
5. *Постоев Г.П.* Предельное состояние и деформации грунтов в массиве (оползни, карстовые провалы, осадки грунтовых оснований). М.; СПб.: Нестор-История, 2013. 100 с.
6. *Постоев Г.П.* Классификация оползней по механизму нарушения равновесия массива пород // Изучение режима экзогенных геологических процессов в районах хозяйственного освоения. М.: ВСЕГИНГЕО, 1988. с. 52-64.
7. Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах // ВНИМИ. СПб.: Недра, 1998. 114 с.

ТРЕЩИНОВАТОСТЬ КАК ФАКТОР ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ КАРЬЕРОВ

С.А. Корчак, Е.А. Звонарев, И.В. Абатурова

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»,
620144, г.Екатеринбург, ул.Куйбышева, д.30. E-mail: gingeo@mail.ru

Устойчивость массива горных пород при вскрытии его горными выработками обусловлена значительным количеством геологических, инженерно-геологических факторов, к которым относятся условия залегания пород (угол и азимут падения), физико-механические свойства, степень выветрелости, состояние пород, гидрогеологические особенности. Однако для массивов скальных пород и возможность активизации инженерно-геологических процессов обусловлена их сдвигом по трещинам. Основными параметрами, определяющими данный процесс, являются: трение по поверхности трещин, прочность минералов поверхности трещин, геометрия поверхности трещин, свойства материала заполнителя трещин, наличие воды или льда в трещине [1,2]. Одним из значимых параметров является свойства материала заполнителя. Влияние заполнителя трещин неоднозначно, в одних случаях он работает как цемент, укрепляя массив, в других формирует поверхность ослабления. Формирование трещинного заполнителя связано, прежде всего, с условиями формирования месторождения, вторичными процессами, наложенными на массив пород в процессе рудообразования. В одних случаях формируется кварц, кальцит, пирит, халькопирит и др., прочностные и деформационные свойства которых не сильно разнятся со свойствами вмещающей породы, в других – хлорит, серпентинит, каолинит, тальк, слюды – характеризующиеся резким снижением прочностных показателей. Кроме вышеперечисленных особо необходимо отметить глинку трения, образующуюся в процессе тектонических нарушений, прочностные свойства которой на порядок и более ниже, чем прочность породы. Помимо этого, пористость рыхлых заполнителей в разы превышает пористость материнской породы, пористость тектонических заполнителей в среднем равна 20-30%, а экзогенных – 30-60% (по данным К.В. Руппенейта). Вблизи разломов, в их зонах дробления, рыхлыми тектоническими заполнителями бывают заполнены все сопровождающие разлом трещины, причем очень часто мощность заполнителя в этих трещинах достигает нескольких сантиметров. Очевидно, деформационные свойства такой зоны будут существенно отличаться от свойств остального массива [3].

Для понимания важности изучения заполнителя трещин рассмотрим несколько примеров, где одним из наиболее важных факторов возникновения вывалов, обрушений и обвалов послужил минеральный состав заполнителя.

При отработке одного из месторождений возникла аварийная ситуация, приведшая к непоправимым последствиям. При проведении горных работ произошел обвал блока породы объемом более 2000 м^3, в результате чего погиб водитель бульдозера находившийся у подножия. Обвал образовался путем отрыва и смещения блока по поверхности трещины – зеркалу скольжения, покрытому серпентинитом (рис. 1).



Рис.1. Зеркало скольжения.

Массив на месторождении представлен дунитами со значениями R_c в водонасыщенном состоянии 56,7-109,8 МПа, меньшие значения соответствуют сильносерпентинизированным, большие – слабосерпентинизированным и дунит-гарцбургитами со значениями R_c=57,4-108,9 МПа. Трещины в массиве выполнены тальком, талько-серпентинитом и тальк-карбонатом. Для этого типа заполнителя характерна высокая дисперсность и низкие по сравнению с вмещающими породами показатели физико-механических свойств (R_c=2,3 МПа, R_p=0,42-0,70 МПа) и способность оплывать даже при незначительном увлажнении или изменении напряженно-деформируемого состояния. Именно повышенная увлажненность и стала толчком для возникновения аварийной ситуации.

На месторождении в Пермском крае, отрабатываемом подземным способом, зафиксированы вывалы блоков породы различных масштабов. В геологическом отношении месторождение находится в пределах габбро-гипербазитового массива. В серпентинитах преобладают открытые трещины, угол падения которых совпадает с направлением рассланцевания пород и составляет 30-40°. Открытые трещины сложного генезиса, как с ровными краями и гладкой шероховатой иногда ступенчатой поверхностью с

зеркалами скольжения, так и с рваными краями и бугристой поверхностью. По поверхности трещин отмечается серпентин, карбонат, хлорит, глинка трения. Закрытые трещины имеют вид прожилков мощностью от 1-3 мм до 5 см. Заполнитель трещин кварц-карбонатный материал, кварц, пирит, карбонат, иногда заполнитель разрушен, вымыт или интенсивно раздроблен.

Для метаморфических сланцев характерны как открытые, так и закрытые трещины, при преобладании первых. По поверхности открытых трещин развит кварц-карбонатный материал, эпидот, гематит. Закрытые трещины залечены кварц-карбонатным материалом, имеют вид прожилков мощностью от 1-2 мм до 10 см.

При изучении массива горных пород установлено, что наиболее интенсивно процесс вывалообразования происходит на участках, где жилы и прожилки заполнены серпентинитом в виде волокнистого агрегата и хлоритом (рис. 2, 3).

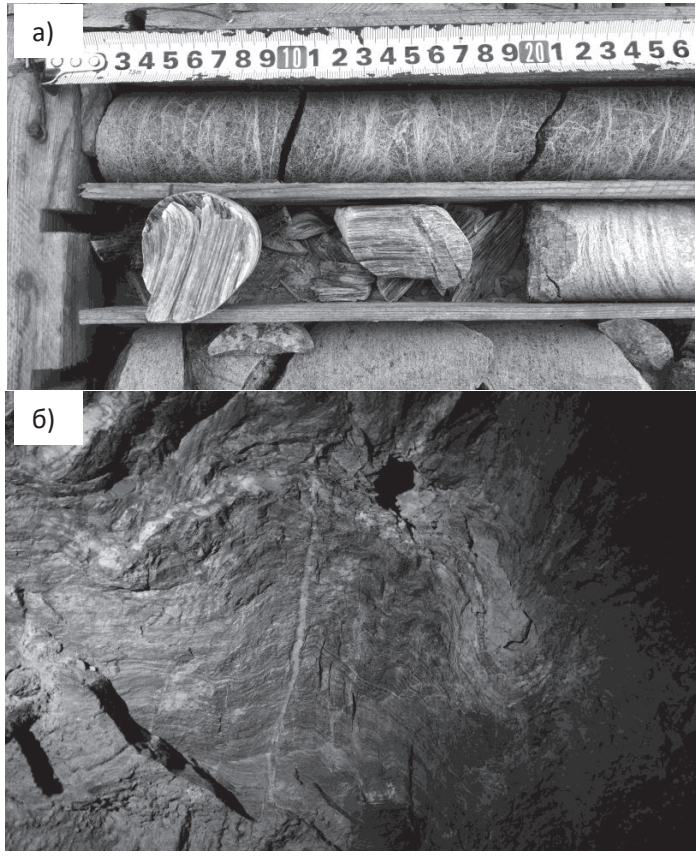


Рис.2. а) интервал серпентинизации в керне;
б) зона серпентинизации в массиве (в горной выработке).



Рис.3. Кварцевая жила, вскрытая в одной из скважин.

Примером положительного влияния заполнителя трещин на состояние массива является окварцевание алевролитов на одном из месторождений в республике Саха, Якутия.

В геологическом строении площади участвуют средненорийские терригенные отложения верхнего триаса, представленные темно-серыми крупнозернистыми песчанистыми алевролитами.

В обнаженных частях россыпного полигона установлено, что вдоль границ напластования часто наблюдается наложение на «нормальные» соскладчатые зеркала скольжения взбросового типа более поздней горизонтальной штриховки. Здесь широко развиты изометричные высыпки в виде «белых пятен» размером 3×5 м, сложенные обломками кварц-карбонат-сульфидных жил. Их изучение в коренном залегании показывает, что жилы залегают полого и почти горизонтально в виде коротких линз мощностью до 20 см и шириной в раздувах до 3 м в поперечнике. Зафиксировано развитие в породах месторождения мелкой разноориентированной постскладчатой трещиноватости и связанного с ней прожилкового окварцевания. Состав прожилков кварцевый, карбонат-кварцевый и кварц-карбонатный, кварц-карбонат-хлоритовый. Мощность отдельных прожилков колеблется от первых миллиметров до 2 см, а мощность зон повышенной трещиноватости и прожилкового окварцевания в целом составляет 15-38 м, иногда увеличиваясь до 80 м. Широкое развитие в породах жил (рис. 4) и тонкой трещиноватости залеченной материалом кварцевого состава оказывает значительное влияние на прочностные свойства пород. Прочность пород подвергшихся окварцеванию выше, чем характерная прочность для алевролитов и достигает значений R_c=63,3 МПа.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что помимо изучения элементов залегания трещин необходимо уделять должное внимание

минеральному составу заполнителя трещин, который порой играет важную роль в оценке устойчивости массива горных пород.

Литература

1. *Абатурова И.В. и др.* Анализ степени трещиноватости массива пород при проведении инженерно-геологических изысканий //13th Conference and Exhibition Engineering Geophysics 2017. – 2017.

2. *Абатурова И.В., Савинцев И.А., Корчак С.А.* Оценка риска развития аварийных ситуаций на железнодорожных путях //Engineering and Mining Geophysics 2018. – 2018.

3. *Руппенейт К.В.* Деформируемость массивов трещиноватых горных пород //М.: недра. – 1975. – с. 223.

АКТИВИЗАЦИЯ СУФФОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА САЛЬСКО-ДОНСКОМ ПОДНЯТИИ (ТЕРРИТОРИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ РОСТОВСКОЙ АЭС)

Н.В. Макарова[1], В.М. Макеев[2], Т.В. Суханова[1], А.С. Гусельцев[3]

[1]Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 119911, г.Москва, Ленинские горы, д.1, E-mail: makarovanat@.yandex.ru; tanikamgu@mail.ru

[2]Институт геоэкологии им. Е.М.Сергеева РАН, 101000, г.Москва, Уланский пер., д.13. E-mail: vmakeev@mail.ru

[3]ФБУ «НТЦ ЯРБ», г.Москва, ул.Малая Красносельская, д.2/8. E-mail: gouseltsev@secnrs.ru

Район исследования находится в Ростовской области в междуречье р. Дон и его левого притока р. Сал, восточнее г. Волгодонска и плотины Цимлянской ГЭС. Долина Дона при образовании Цимлянского водохранилища в 1952 г. была затоплена, включая пойму и I террасу, и урез воды в настоящее время находится на абс. высоте 36 м, что почти на 20-25 м выше прежнего. В связи с этим резко активизировались процессы абразии побережья.

В последнее время в этом районе активизировались и суффозионные процессы в виде неравномерных наклонов поверхности и образования просадочных форм, которые могут негативно влиять на безопасность и эксплуатацию различных инженерных сооружений, в том числе ответственных (к примеру, могут контролировать крены и осадки находящихся здесь плотины Цимлянского водохранилища, реакторных отделений и других сооружений Ростовской АЭС). Для активизации суффозионных процессов здесь есть все условия: геологические, тектонические, гидрогеологические, геоморфологические.

Геологические условия. В строении района исследований выделяются три разновозрастные и различные по литологии толщи отложений [1]. Нижняя из них – верхнеолигоцен-нижнемиоценовая или майкопская серия (Pg_3 -N_1mk) – представлена исключительно глинами, иногда песчанистыми, мощностью порядка 10 м, увеличивающейся от района исследования к западу и югу до 120-140 м. Глины с размывом перекрываются слоистыми, часто косослоистыми разнозернистыми песками раннеплиоценового возраста, относящимися к ергенинской свите (N_1 er), представляющими древний аллювий Дона. Мощность песков 8-10 м, к югу она увеличивается до 20-30 м и более. Верхняя толща отложений четвертичного возраста мощностью 12-20 м имеет эолово-делювиальный генезис. В ее составе лессы с погребенными горизонтами почв, лессовидные суглинки, в виде покрова залегающие на ергенинских песках и аллювии террас Дона. Микропористость и известковистость лессов, а также их трещиноватость способствует развитию просадочных форм. Таким образом, весь разрез отложений, их литология – глины, пески, лессы, суглинки – являются благоприятными для развития суффозионных процессов.

Тектонические условия. Междуречье Дона и Сала в тектоническом отношении представляет собой Сальско-Донское поднятие, входящее в систему Северо-Ергенинского поднятия, которое на востоке граничит с Прикаспийской впадиной. Поднятие молодое – плиоцен-четвертичное, с абс. отметками 200-250 м. Оно протягивается в субширотном направлении на несколько десятков километров. В данном исследовании рассматривается лишь центральная часть Сальско-Донского поднятия, которое сочленяется с прогибами: на севере с Цимлянским, а на юге с Сальским. Менее крупный Цимлянскологовский прогиб делит Сальско-Донское поднятие на западное – Волгодонское и Восточное – Нагавское поднятия. Эти поднятия, в свою очередь, состоят из ряда локальных структур северо-западного простирания. Все структуры проявлены в деформациях новейших (верхнеолигоцен-четвертичных) отложений или в деформациях (наклонах) поверхностей выравнивания разного генезиса, развитых на их склонах. Поднятие нарушено линеаментами, среди которых выделяются северо-западные и субмеридиональные. Геодинамическая обстановка на данной территории определяется одновременным влиянием двух разнотипных и разновозрастных напряжений: 1) плиоцен-четвертичного латерального растяжения и субвертикального сжатия, наведенного с востока со стороны Прикаспийского прогиба и 2) четвертичного латерального сжатия, наведенного с юга со стороны Кавказа [2]. Преимущественным здесь является растяжение плиоцен-четвертичного возраста, под влиянием которого формируются структуры Нагавского поднятия. В этих условиях деформации растяжения, выраженные субмеридиональными линейными тектоническими структурами, способствуют развитию открытой трещиноватости и негативных геологических процессов в отложениях и на поверхности. Они могут являться каналами для развития суффозии и формирования просадочных форм в покровных отложениях и ергенских песках.

Гидрогеологические условия. Поднятие уровня водохранилища вызвало поднятие уровня подземных вод. Песчаный аллювий второй террасы и нижняя часть покровных суглинков стали водонасыщенными. О водонасыщенности нижней части песков ергенинской свиты свидетельствуют данные бурения. Повышенный уровень воды вызвал подпруживание стока поверхностных, грунтовых и более глубоких горизонтов подземных вод, насыщенность песков и покровных суглинков водой, их разжижение в полосе, прилежащей к водохранилищу.

Геоморфологические условия. Исследуемая территория находится на северном склоне Нагавского поднятия, снижающегося к северу. Вследствие широкого развития покровных образований развитые здесь речные террасы и поверхности выравнивания не имеют отчетливо выраженных уступов, и границы между ними проводятся условно по данным бурения. Террасы вложены в пески ергенинской свиты, при этом III терраса является эрозионной, II терраса аккумулятивная, аллювий ее также представлен песками, залегающими на майкопских глинах. Поверхность этой террасы всего на 2 м возвышается над современным уровнем водохранилища, а

основание аллювия выполняет переуглубленный врез русла поздненеоплейстоценового Дона.

Большое влияние на развитие суффозионных процессов имеет погребенный рельеф, который в этом районе исследован по данным бурения. И в данном случае важен рельеф кровли глин майкопской серии, являющихся водоупором для плиоцееновых ергенинских песков, а также четвертичных аллювиальных песков, слагающих террасы Дона. От характера залегания глин, слагаемых ими форм, близости их к земной поверхности зависит развитие многих процессов, в частности, обводнение и оползание вышележащих отложений. Кровля глин имеет региональный уклон на юго-запад, снижающийся в этом направлении с 15-20 м до 6-7 м, что может определять общее смещение вышележащих песчаных слоев по водоупору и образование уклона современной поверхности в этом направлении. При этом поверхность кровли неровная, размытая, изобилует понижениями глубиной до 4-5 м и до 300-350 м в длину. Наиболее крупные валообразные субмеридионально вытянутые поднятия имеют амплитуду от 4 м до 9 м. Все эти неровности объясняются эрозионным расчленением кровли во время длительного периода континентального режима, имевшего место в течение среднего и позднего миоцена. Кровля глин могла быть эродирована плиоценовыми руслами Дона во время накопления ергенинской свиты песков. При этом возможна приуроченность некоторых понижений к тектоническим трещинам.

Кровля залегающих выше ергенинских песков имеет абсолютные отметки 29-35 м, местами она опущена до 27-28 м. Подошва находится на абсолютной высоте 14-15 м, а на отдельных участках понижена до 8-9 м. Таким образом, подошва, а местами и кровля, находятся ниже современного уреза воды. В кровле выделяются повышенные и пониженные участки разных размеров. Ряд крупных линейных понижений и поднятий имеет субмеридиональное простирание. Понижения длиной до 1 км образуют цепочки. Возможно, они являются древними руслами, приуроченными к зонам трещиноватости. Крупной погребенной формой рельефа ергенинской поверхности является ее склон, вытянутый в северо-восточном направлении параллельно современной береговой линии водохранилища. Он относительно крутой, имеет высоту до 20 м и ширину от 100 м до 200 м. На этом склоне выделяется несколько заливообразных понижений-ложбин, по которым, по всей вероятности, происходит вынос песка в сторону водохранилища. О водонасыщенности нижней части песков говорят данные бурения. В этом случае вышележащие ненасыщенные водой пески могут «ссыпаться» вниз в водонасыщенную часть и уноситься подземными потоками, что может приводить к образованию просадок в верхней части песков.

Сравнение рельефа погребенных поверхностей глин и песков друг с другом показало смещение некоторых контуров ергенинских поднятий в западном направлении по водоупору, по сравнению с положением поднятий в кровле майкопских глин.

Многочисленные неровности-понижения, установленные в кровле ергенинских песков и майкопских глин, представляют русла плиоценового

Дона и отражают тектоническую трещиноватость, способствующую развитию повышенной проницаемости песков, ведущей к суффозии. Немаловажное значение для развития процессов суффозии в этом районе в настоящее время имеют колебания уровня водохранилища, которые за последние годы составляют первые метры. Снижение уровня может вызывать активизацию суффозионных процессов в ергенинских песках и перекрывающих их суглинках. Повышение уровня может вести к подтоплению и разжижению песков, что также может вызывать суффозию.

Литература

1. Геологическая карта масштаба 1: 200 000. Лист L-38-1. М.: Мосгеолиздат, 1962.
2. Новейшая тектоника и геодинамика: область сочленения Восточно-Европейской платформы и Скифской плиты. М.: Наука, 2006. 206 с.

НЕОТЕКТОНИКА, ГЕОДИНАМИКА И СЕЙСМИЧНОСТЬ КАТАВ-САТКИНСКОЙ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОЙ ЗОНЫ УРАЛА

В.М. Макеев[*], И.В. Коробова[*], С.Н. Никитин[**], Т.В. Суханова[***]

[*]Институт геоэкологии РАН, г. Москва. E-mail: vmakeev@mail.ru
[**]Институт физики Земли РАН, г. Москва, E-mail: niksn@ifz.ru
[***]МГУ им. М.В. Ломоносова, геологический факультет. E-mail: tanicamgu@mail.ru

Данные исследования посвящены изучению неотектонических и геодинамических условий формирования эпицентральной зоны Усть-Катавских землетрясений, произошедших в 2018 г. в Катав-Ивановском районе Челябинской области. Согласно международной базе данных IRIS, в этом районе произошло четыре землетрясения: 4.09, 5.09, 29.09. и 15.11.2018. Координаты первого землетрясения, возможно, как наиболее сильного, 54.785 СШ, 57.968 ВД, магнитуда 4,5-5,5, глубина очага ~ 10 км (рис. 1). Особенность этого землетрясения состоит в том, что оно произошло вне известных сейсмогенерирующих зон Урала, имеет непредвиденную повышенную магнитуду и непредсказанный до сих пор интервал событий (рис. 1). С учетом исторических землетрясений [4] можно заключить, что интервал среднемагнитудных землетрясений на Урале составляет приблизительно сто лет. Первое Кизелское произошло в 1798 г., второе Белимбаевское — в 1914 г. и третье Усть-Катавское — в 2018 г.

На основании структурно-геодинамических исследований [2, 3] и с учетом глубинных деформаций поверхности мантийной литосферы в рассматриваемом регионе установлено две новейших геодинамических системы: 1) Южно-Уральская и 2) Еловско-Среднеуральская. Взаимодействие этих систем привело к формированию Катав-Саткинской зоны интерференции (суперпозиции) разнородных и разнотипных напряжений (рис. 1). К ней оказались приуроченными землетрясения Катав-Ивановского района. С границей этих систем связывается формирование Каратау-Бирской геодинамически активной зоны (Г∂АЗ), которая рассматривается как глубинная и правосдвиговая.

Трещиноватость и борозды скольжения, измеренные во время полевых маршрутных работ в 2018 г., позволили установить, что в рассматриваемой эпицентральной зоне действуют напряжения сжатия и растяжения разной природы. Сжатие ориентировано в СЗ-ЮВ направлении и по происхождению является южноуральским, растяжение – в СВ-ЮЗ направлении и по природе является среднеуральским. Граница Южно-Уральского и Средне-Уральского поднятий, генерирующих эти напряжения, не является жесткой, например, в виде разлома. Структуры двух сводов, развиваясь навстречу друг другу, постепенно затухают в Катав-Саткинской зоне интерференции. Ее средняя ширина составляет 5-6 км, протяженность – более 15 км. Рассматриваемая

зона локализована поперек герцинских структур Урала. В этих условиях интерференция разнородных напряжений приводит к развитию интенсивных сдвиговых деформаций в пределах рассматриваемой зоны.

Согласно публикациям, неотектоника Урала традиционно рассматривается в рамках концепции развития неотектонических структур в зависимости от герцинских разломов [5]. Это приводит к интерпретации происхождения сейсмических событий в зависимости от характера активизации этих разломов [1].

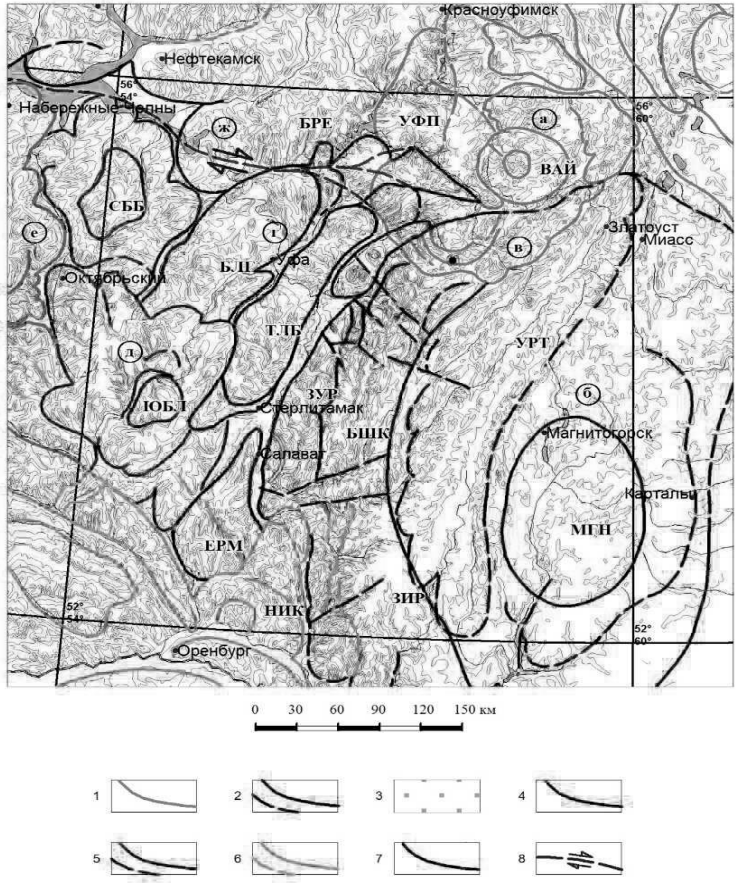


Рис. 1. Новейший структурный план юго-восточной окраины Русской плиты, Южного и Среднего Урала. 1-7 — границы геодинамических областей, 8 — Каратау-Бирская глубинная зона сдвиговых напряжений и деформаций. На рисунке буквы в кружках обозначают геодинамические области: а – Средне-Уральская область новейших концентрических поднятий (СУР), б – Южно-Уральская область сводовых (сводово-глыбовых) устойчивых и длительно развивающихся поднятий (ЮЖУ), в – Катав-Саткинская зона интерференции (КСаЗИ) структур Верхнеайского (ВАЙ) поднятия Среднего Урала и Южно-Уральского свода ЮЖУ), г – Уфимская

область линейных поднятий и прогибов (УФМ), принадлежащая Южно-Уральской геодинамической системе; д – Южно-Татарская область овальных и изометричных поднятий, е – Прикаспийская область дугообразных и куполообразных поднятий (ПРК), ж – Еловско-Осинская область поднятий (ЕЛО), формирующаяся в пределах Бирско-Калтасинского древнего прогиба.

С точки зрения древних донеотектонических структур, Усть-Катавская эпицентральная зона землетрясений приурочена к сочленению Башкирского докембрийского антиклинория и Симской раннепермской локальной мульды, входящей в Предуральский прогиб. Здесь поперек простирания этого прогиба формируется поднятие гор Кара-Тау. Поверхность кристаллического фундамента Волго-Уральской антеклизы Восточно-Европейской платформы опускается здесь под Предуральский раннепермский прогиб. Глубина опускания – 8 км и более. Глубина очага землетрясения приблизительно 10 км. В этой ситуации не исключается, что очаг может быть локализован в пределах границы этого фундамента и осадочного чехла, которая рассматривается как резкая по вещественно-структурным и реологическим свойствам. Как вещественно-структурная неоднородность, в ней возможна концентрация повышенных сдвиговых напряжений и деформаций.

В рельефе раздела Мохоровичича отчетливо выражена прямолинейные и дуговые глубинные деформации. Их происхождение можно связать с двумя разными геодинамическими центрами: 1) Осинско-Еловским мантийным выступом (глубина 35 км и менее) и 2) Южно-Уральским аномальным погружением (глубина 60 км и более). Глубинные деформации как бы наводятся со стороны этих систем и развиваются в направлении к земной поверхности, вызывая в ней овальные, дуговые и линейные деформации. Их районирование по геодинамическому принципу привело к выявлению широкой и протяженной Катав-Саткинской зоны интерференции (КСаЗИ) разнородных напряжений и Каратау-Бирской геодинамически активной зоны (КРаБ). Последняя на восточном своем окончании разветвляется и ограничивает КСаЗи с севера и с юга (рис. 2). К зоне интерференции оказались приурочены четыре Усть-Катавских сейсмических события.

Концентрация напряжений и их сейсмическая разрядка связывается с двумя причинами: 1) наличием наклонной вещественно-структурной неоднородности (погружение поверхности фундамента ВЕП на глубину 8 км и более) и 2) наличием в ее пределах суперпозиции разнородных напряжений. Эти напряжения наводятся с разных сторон: со стороны Верхнеайского концентрического поднятия Среднего Урала и со стороны Южно-Уральского свода. Согласно Свердловскому профилю ГСЗ, концентрические поднятия Среднего Урала являются, возможно, не мантийными, а коровыми [4]. В земной коре рассматриваемого региона отмечается аномальное утолщение нижней коры, вызванное процессами, происходящими в низкоскоростной мантии. Основываясь на геодинамических построениях можно заключить, что утолщение нижней коры происходит под влиянием напряжений растяжения, утонение средней коры – под влиянием сжатия. Утолщение верхней коры, возможно, происходит под влиянием напряжений растяжения. В этих условиях субгоризонтальные границы между слоями рассматриваются

как сдвиговые, с которыми можно связать сейсмичность.

Таким образом, наклонные активизированные разломы герцинского возраста (деструктивные зоны) и послойные сдвиговые смещения являются потенциально сейсмогенными.

В эпицентральной зоне землетрясений геодинамические условия были оценены на основе полевых маршрутных исследований, в ходе которых были измерены трещины и борозды скольжения на их плоскостях, развитые в доломитах вендского возраста. Борозды скольжения имеют отчетливое субвертикальное и наклонное положение, что указывает на разный тип напряжений.

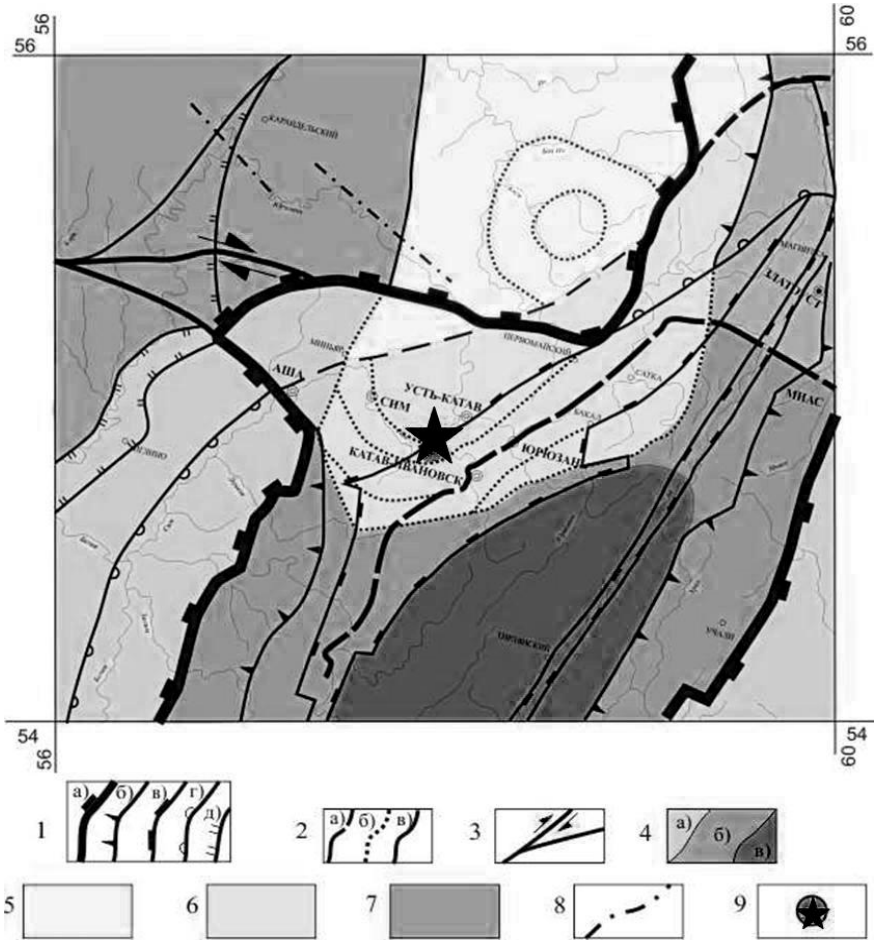


Рис. 2. Неотектонические структуры Катав-Саткинской зоны интерференции разнородных деформаций. 1 – ранги структур по Бабаку В.И.: а) первый, б) второй, в) третий, г) четвертый, д) пятый. 2 – зоны поднятий: а) Южно-Уральские, б) Средне-Уральские, в) Еловско-Среднеуральские. 3 – Каратау-Бирская Г∂АЗ. 4 – амплитуды Южно-Уральского

поднятия: а) более 1000 м, б) 600-1000 м, в) менее 600 м. 5 – радиально-концентрическое поднятие Среднего Урала. 6 – Катав-Саткинсая зона (КСаЗИ). 7 – удаленная периферия Еловско-Осинского геодинамического центра. 8 – линеаменты, подчеркивающие направленность давления со стороны центра. 9 – Усть-Катавское среднемагнитудное землетрясение (4.09.2018).

Результаты измерений трещин и борозд были обработаны двумя разными методами: 1) методом структурно-парагенетического анализа трещиноватости по Л.М.Расцветаеву (1987 г.), и 2) методом катакластического анализа по Ю.Л.Ребецкому (2017 г.) (рис.3).

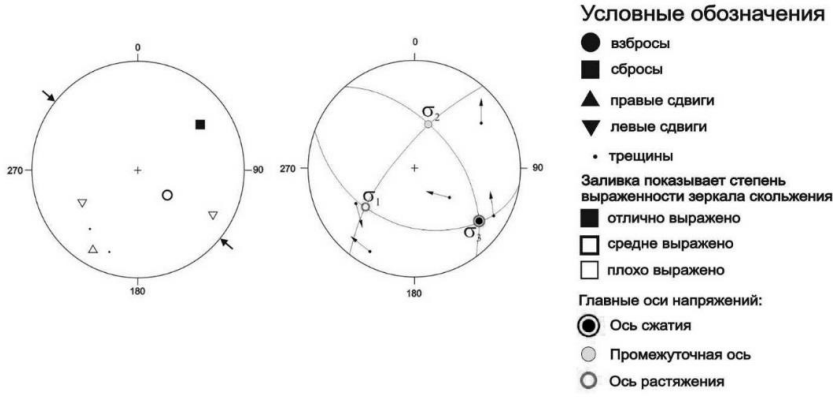


Рис. 3. Диаграммы полей тектонических напряжений. Обработка трещин произведена Мариниым А.В., Бондарем И.В. и Гордеевым Н.А. (ИФЗ РАН).

Реконструкция полей напряжений показала, что в пределах эпицентральной зоны действует два типа напряжений: 1) сжатия и 2) растяжения. Напряжения сжатия имеют СЗ-ЮВ ориентировку и наведены с юго-востока со стороны Южно-Уральского свода. Напряжения растяжения имеют СВ-ЮЗ ориентацию и наведены с северо-востока со стороны Верхнеайского поднятия Среднего Урала. В пределах КСаЗИ наклонная поверхность фундамента, вероятно, является концентратором сдвиговых деформаций. Каратау-Бирская ГдАЗ может рассматриваться как результат выражения этих напряжений в земной поверхности.

Таким образом, геодинамические условия образование Усть-Катавской эпицентральной зоны землетрясений связывается с интерференцией разнородных и разнотипных напряжений, приводящих к деформациям сейсмогенного типа.

Усть-Катавское землетрясение (4.09.2018) вызвало образование вторичных сейсмогенных явлений опасного характера. Катав-Ивановский оползень-сплыв (оплывина) (по Кропоткину М.П., 2017) образовался во время первого сейсмического события в 3 км западнее Катав-Ивановска (дорога в пос. Серпиевка). В верховье склона находилось торфяное болото, заросшее ивой и камышем, образовавшееся на глинистой коре выветривания. Это болото под

влиянием вибрационного воздействия переувлажнилось и сместилось по склону. Некоторое количество обломков осадочных пород были захвачены в ходе сплыва торфяных отложений. В пределах оплывины превышение склона составляет приблизительно 6 м на базе 100 м, длина оплывины достигает 650 м, ширина – от нескольких метров до 6м, глубина рва оплывины от несколько десятков сантиметров в верховье до 2,5 м в средней части оплывины. Склон имеет ступенчатый характер строения. В тыловых швах ступеней отмечается образование торфяных отложений, что отмечается соответствующей растительностью. В процессе сплыва они также отчасти были перемещены вниз по склону и выдавлены в виде куч за пределы рва.

Во время первого землетрясения также произошли деформации жилых построек в г. Катав-Ивановске и особенно тех, которые были возведены в пределах Солодской горы. Как отмечают жители этого города, эти постройки были возведены на болотистых отложениях. Трещины образовались по стыкам потолков и стен с одновременным обваливанием штукатурки. Трещины встречаются открытые, шириной до 5 см. Сильно пострадали временные перегородки, состоящие из шлакоблоков. В сельских домах «лопались» печи и трещали крыши. На начало октября 2018 г. в эпицентральной зоне временными сейсмостанциями Пермского горного института было зарегистрировано более 70 афтершоков.

Таким образом:

1) впервые выделена сейсмически активная Катав-Саткинская зона интерференции разнородных напряжений и деформаций, которая несогласно наложена на герцинские структуры Урала;

2) в Катав-Саткинской зоне напряжения сжатия являются южноуральскими, напряжения растяжения – среднеуральскими; интерференция этих напряжений приводит к усилению сдвиговых деформаций и их разрядке;

3) Каратау-Бирская правосдвиговая зона является глубинной: ее формирование связывается с взаимодействием Южно-Уральской и Осинско-Среднеуральской геодинамических систем.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований президиума РАН №13000/2215.

Литература

1. *Дружинин В.С., Осипов В.Ю.* Сейсмотектоника Северного, Среднего Урала и прилегающих районов Восточно-Европейской платформы // Геоэкология. 2018. №1. С. 21-34.

2. *Макарова Н.В., Макеев В.М., Суханова Т.В.* Геодинамические системы и геодинамически активные зоны Восточно-Европейской платформы // Бюл. МОИП. Отд. геол. Т. 91. В. 4-5. 2017. С. 13-27.

3. *Макеев В.М., Пустовалов Н.А.* Неотектоника Среднего Урала / Тектоника и геодинамика складчатых поясов и платформ фанерозоя. Мат-лы XLIII тектонич. совещ. М.: ГЕОС, 2010. Т. 2. С. 19-23.

4. Сейсмичность и сейсмическое районирование Уральского региона. УрО РАН, 2001. 124 с.

5. *Сигов А.П., Сигова В.А. Н*овейшая тектоника Урала. Материалы по металлогении Урала. Т. 5. Изд-во Саратовского университета. 1975.

ЭКОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЧУСОВСКОГО МЫСА КАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

И.И. Минькевич, Ю.А. Килин, А.А. Кашеварова, В.И. Ждакаев

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г.Пермь, ул.Букирева, д.15. E-mail: iks-org@mail.ru

Территория Чусовского мыса относится к Полазнинскому району преимущественно гипсового и карбонатно-гипсового карста [4]. После строительства плотины в районе существенно изменились гидродинамические и гидрохимические условия т.к. данная территория оказалась в зоне влияния сливной призмы Камского водохранилища. В первые годы после создания водохранилища подпор подземных вод распространился в зону водораздела на расстояние 2-3 км [10]. В настоящее время зона влияния уменьшилась примерно до 500 м (по данным ВерхнекамТИСИЗа). Зона активного водообмена исследованной территории мощностью 100-120 м сложена четвертичными аллювиальными, обвально-карстовыми неоген-четвертичными, терригенно-карбонатными отложениями соликамского и, частично, сульфатными породами иренского горизонтов нижней перми.

Карстующиеся породы исследованного района характеризуются интенсивной трещиноватостью. Преобладающее направление тектонических трещин в обнажениях пород – СВ 50° и СЗ 320°. Эта генетическая группа трещин играет основную роль в карстообразовании, что подтверждается развитием поверхностных карстовых форм (овраги, цепи воронок, озера). Карстовый провал в д.Городище, образовавшийся в 1991 г. в мергелях соликамского и сульфатных породах иренского горизонтов, находится между карстовыми озерами, расположенными по линии СВ 50°. Направление развития подземной части провала – СЗ 325° [11].

Существенное влияние на развитие карста оказывает пористость и кавернозность карбонатных и сульфатных пород (пористость карбонатных пород соликамского горизонта составляет 2-15%, сульфатных отложений иренского горизонта 1-3%). Трещиноватость, пористость и кавернозность пород создают единую гидравлическую систему, обеспечивающую движение воды в карстующемся массиве.

В районе Чусовского мыса выделены зоны поверхностной, вертикальной нисходящей, переходной циркуляции, (колебания уровня карстовых вод), горизонтальной, глубинной и поддолинной циркуляции подземных вод. Наибольшей активности карстовый процесс достигает в зонах переходной и горизонтальной циркуляции (рис. 1). Особенно интенсивно растворение происходит в переходной гидродинамической зоне, здесь наблюдается

насыщение массива пресными водами способными активно растворять карбонатные и сульфатные отложения [8, 10].

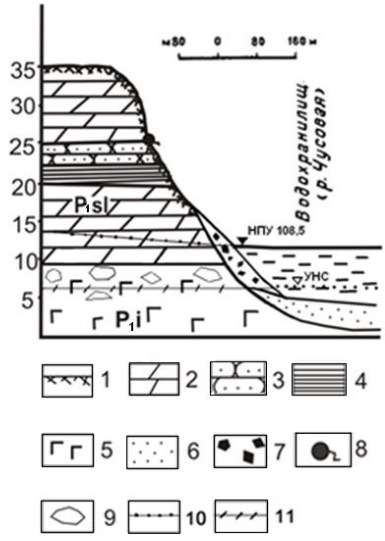
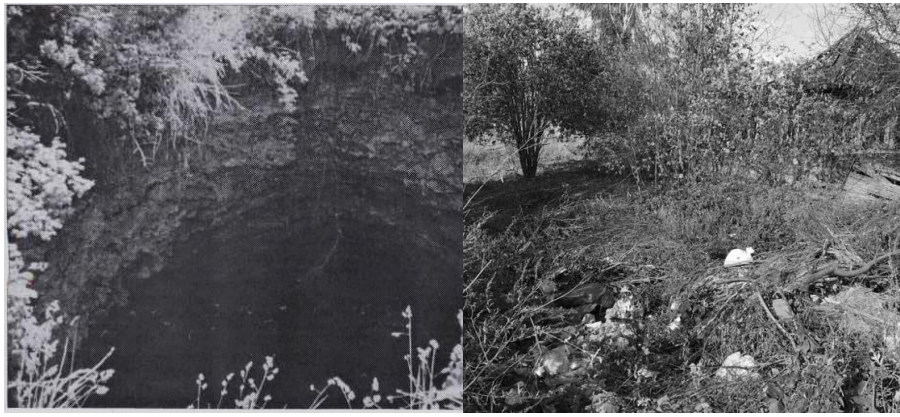


Рис.1. Схематический геологический разрез Чусовского мыса:
1) почвенно-растительный слой, 2) мергель, 3) песчаник, 4) аргиллит, 5) гипс, 6) аллювий (Q), 7) обвально-карстовые отложения, 8) родник, 9) закарстованность, 10) нормальный подпорный уровень, 11) уровень навигационной сработки.

В условиях влияния Камского водохранилища сезонные изменения мощности переходной зоны увеличиваются, что проявляется в возрастании частоты карстовых провалов.

Городищенский карстовый провал, глубиной 27 м образовался в зоне переходной циркуляции подземных вод (рис. 2). Внезапное обрушение перекрывающих отложений свидетельствовало о наличии на глубине крупной карстовой полости. Первоначально весной 1991 г. провал представлял собой шахту с входным отверстием почти овальной формы поперечным сечением 2,8-1,7 м.



2001 г. 2018 г.

Рис.2. Городищенский карстовый провал.

На глубине провал заканчивался округлым гротом диаметром 13 м и высотой 8 м. Стенки провала и видимая часть грота сложены мергелями соликамского горизонта. На дне провала образовалась осыпь, представленная обломками коренных пород.

Образование провала началось с просадки перекрывающих терригенно-карбонатных соликамских отложений. Угол наклона этих пород в нижней части колодца составлял 20-30°. Обрушение пород по системам трещин отседания и напластования обусловило характерную ступенчатость стенкам провала и потолку грота. Вследствие высокой устойчивости пород, слагающих стенки, диаметр провала в первые годы изменялся незначительно [12]. После 1994 г. скорость отступания стенок провала возросла до 0,9-1 м/год (табл. 1).

Таблица 1

Эволюция Городищенского провала (1991-2018 гг.)

Дата обследования	Длина, м	Ширина, м	Глубина, м	Скорость отступания стенок, м/год
20.06.1991	2,8	1,7	27	
22.05.1994	3,2	2,5	27	0,2
21.06.2001	11,0	7,0	20	0,9
23.05.2006	16,2	11,6	7	1,0
25.09.2018	16,7	15,2	3*	0,3

Примечание: * карстовый провал засыпан бытовым мусором

В 2006 г. видимая глубина провала уменьшилась до 7 м в связи с обвалом массы породы и захламлением дна бытовым мусором.

Предполагаемый первоначальный объем полости, возникшей в сульфатных породах иренского горизонта, составил 1200 м^3. Формирование

полости обусловлено высокой растворимостью сульфатных и карбонатных пород [6, 7].

Высокая растворяющая способность подземных воды иренского водоносного горизонта, дефицит сульфатонасыщения способствовали развитию карстового провала. Также ускорению развития карста способствовало поступление в водоносные горизонты в паводковый период воды из водохранилища.

В сентябре 2018 г. было проведено гидрохимическое опробование подземных и поверхностных вод в районе провала. Отобраны пробы из родников в д.Городище и пос.Пальники, карстового озера-болота эксплуатационной гидрогеологической скважины (табл. 2).

Таблица 2

Места гидрохимического опробования в районе провала

№ пробы	Место отбора проб	№ протокола
1	Родник около церкви д.Городище	№294-1
2	Озеро-болото д. Городище	№294-2
3	Скв. 1 с гл.50.0 м д. Городище	№294-3
4	Родник 700 м от п. Пальники	№294-4

Поверхностные воды озера-болота по химическому составу SO_4 – HCOз – Ca с минерализацией 2,049 г/дм^3. Воды родников приуроченных к соликамскому горизонту HCOз – SO_4 – Ca с минерализацией от 0,505 до 0,582 г/дм^3; вода из скважины с глубины 50,0 м иренского горизонта SO_4 – HCOз – Ca с минерализацией 2,369 г/дм^3. Минерализация воды в гидрогеологической скважине используемой для хозяйственно-питьевого водоснабжения незначительно превышает ПДК по минерализации и жесткости в результате загипсованности разреза; отмечено также повышенное содержание NO_3 до 20,2 мг/дм^3 (табл. 3).

Таблица 3

Результаты гидрохимического опробования

№ пробы	1	2	3	4
NO_3, мг/дм^3	15,5	0,2	20,2	7,71
Cl, мг/ дм^3	12,8	16,9	15,6	4,3
SO_4,мг/ дм^3	27	1163	1389	43,2
HCO_3, мг/ дм^3	286	265	275	337
NH_4+, мг /дм^3	0,5	0,5	0,5	0,5
K+, мг/ дм^3	0,5	8,5	1,2	0,6
Na+, мг/ дм^3	4,4	9,5	8,8	4,4
Mg+, мг/ дм^3	5,6	36,7	37,1	10,6
Ca+, мг/дм^3	97,6	451	545	105,3
Минерализация, г/дм^3	0,505	2,049	2,369	0,582

Чусовской мыс находится в зоне подпора Камского водохранилища, поднятие уровня воды в водохранилище вызывает явления, подобные тем,

которые наблюдаются при опускании земной коры. Если в природной обстановке этот процесс протекает десятки тысяч лет, то при создании водохранилища поднятие уровня воды происходит в геологическом масштабе времени мгновенно. Уменьшается мощность зоны вертикальной циркуляции за счет увеличения зоны горизонтальной. Анализ материалов бурения на берегах рек, сложенных растворимыми породами, показывает, что речные воды в периоды высокого стояния уровня проникают в береговые массивы и растворяют их. Формируются обвально-карстовые отложения (карстовая брекчия), обычно окаймляющие прибрежную полосу закарстованного массива.

Выводы.

Развитие карста наиболее активно происходит на контактах пород различного литологического состава, в данном случае песчано-мергелистой и гипсоангидритовой толщ. При этом гидрокарбонатные воды сменяются сульфатными.

Вследствие влияния агрессивных пресных вод Камского водохранилища, карстовый процесс активизируется, что снижает степень устойчивости закарстованной территории. Плотность карстовых воронок на водоразделах в районе Чусовского мыса составляет 10-20 шт/км^2.

Химический состав подземных вод иренского горизонта в гипсоангидритовых массивах довольно резко изменяется как во времени, так и в пространстве, но в зоне постоянного водонасыщения он остается практически стабильным. Изменяется иногда только их минерализация. Изучение изменения минерализации трещинно-карстовых вод, их агрессивности по отношению к растворимой горной породе позволит прогнозировать развитие, как поверхностных, так и подземных полостей.

Особенно интенсивен процесс растворения в условиях переменного подпора вод водохранилища и насыщения массива пресными поверхностными агрессивными водами.

Наряду с интенсивным развитием карста происходит метаморфизация подземных вод (увеличивается их минерализация, жесткость, наблюдается повышенное содержание нитратов).

В карстовой котловине Чусовского мыса образовалось озеро-болото с водой повышенной минерализации и высоким содержанием сульфатов – это указывает как на техногенное загрязнение вод озера, так и подпитку субаквальными родниками сульфатных вод иренского горизонта.

Литература

1. *Абдрахманов З.Ф., Мартин В.И., Попов В.Г., Рождественский А.П., Смирнов А.И., Травкин А.И.* Карст Башкортостана. Уфа, 2002. – 120 с.
2. *Горбунова К.А.* Карст приустьевой части р. Чусовой//Учен. зап. Перм. 1965. № 2. с. 59-70.
3. *Горбунова К.А*. Морфология и гидрогеология гипсового карста. Пермь, 1979. – 95 с.
4. *Горбунова К.А., Андрейчук В.Н., Костарев В.П., Максимович Н.Г*. Карст и пещеры Пермской области. Пермь, 1992. - 200 с.
5. Инженерно-геологические изыскания для строительства. СП-11-105-97. М. 1997

6. *Килин Ю.А., Минькевич И.И.* Карст Чусовского мыса Камского водохранилища. Пермь, 2006. с.91-94.
7. *Лукин В.С., Ковалев В.Ф.* Особенности литогенеза в области сульфатоносных отложений//Закономерности формирования и распределения подземных вод: (Тр. Ин-та геол. УФАН СССР), 1965. № 76. с.319-338.
8. *Максимович Г.А.* Основы карстоведения. Т. 1. Пермь, 1963. – 445 с.
9. *Назаров Н.Н.* Карстовые берега Камского водохранилища: распространение, интенсивность переработки, классификация//Карстоведение – XXI век: теоретическое и прикладное значение. Материалы международного симпозиума. Пермь, 2004. с.122-130.
10. *Печеркин И.А.* Геодинамика побережий Камских водохранилищ. Часть II. Геологические процессы. Пермь, 1969. – 308 с.
11. *Тюрина И.М., Минькевич И.И., Пономарев А.Б.* Условия развития карстового провала на Чусовской стрелке Камского водохранилища//Карстовые провалы: Тез. докл. юбил. конф. посвящ. 80-летию В.С. Лукина. Екатеринбург, 1994. с.86-87.
12. *Тюрина И.М., Минькевич И.И., Килин Ю.А., Баталов А.С.* Условия развития карста Чусовского мыса Камского водохранилища//Гидрогеология и карстоведение: Межвуз. сб.науч.тр./Пермь, ун-т. –Пермь, 2006.-Вып.16. с.253-258.

НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО РАСЧЕТУ ДИАМЕТРА ПРОВАЛА НАД ПОДЗЕМНОЙ ПОЛОСТЬЮ

Г.П. Постоев

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

Задачи обеспечения эффективности природопользования в горнопромышленных районах обязательно включают необходимость борьбы с опасными природными процессами [2].На территориях, где осуществляется интенсивная добыча твердых полезных ископаемых, одной из важнейших проблем является борьба с провальными явлениями на подрабатываемых участках. Особенно остро данная проблема стоит в г.Березняки, где с 2007 г. по 2012 г. произошел ряд провалов земной поверхности. То же самое можно сказать о территориях распространения карстующихся пород. Отсюда чрезвычайно актуальны вопросы повышения достоверности оценки условий и расчетов параметров возможных провалов.

Исходное состояние массива. В моделировании влияния полости на состояние грунтов покровной толщи и в расчетных процедурах по определению диаметра провала чрезвычайно важно учитывать напряженно-деформированное состояние (НДС) нижнего слоя покровной толщи, на границе с полостью. В соответствии с законом Кулона-Мора в глинистом грунте на глубине Z возникает горизонтальное напряжение распора $\sigma_3=(\sigma_1-\sigma_{str})\ tg^2(45-\varphi/2)$, когда вертикальное давление $\sigma_1=\gamma Z_a$ от веса пластов, залегающих выше, превышает величину структурной прочности σ_{str}. Здесь структурная прочность соответствует предельному давлению при испытании грунта на одноосное сжатие (прочность«материала»). Рассматриваемая точка окружена в массиве на глубине Z_a таким же грунтом, в котором также действует наибольшее вертикальное давление σ_1 и возникает такое же горизонтальное давление распора (отпора для данной точки), сохраняя равновесие на рассматриваемом горизонте [3].В карстующихся породах $\sigma_{str}>>\gamma Z_a$. Например, в Пермском крае, известно большое количество проявлений провалов земной поверхности. Предел прочности карстующихся пород (гипс и гипсо-ангидрит) на одноосное сжатие (σ_{str}) составляет 14-70 МПа [1]. Мощность покровной толщи над возникающими подземными полостями в карстующихся породах региона не превышает 100 м. Соответственно, принимая, что среднее значение удельного веса, преимущественно песчано-глинистых грунтов,γ= 20 кН/м^3, получим, что возможное значение вертикального давления покровной толщи грунтов может составить 2 МПа. Т.е. структурная прочность упомянутых карстующихся пород в 7-35 раз больше естественного вертикального давления на соответствующий слой и соответственно в нем невозможно

развитие пластических деформаций, тем более разрушительного характера под упомянутым давлением.

Состояние массива при возникновении силового возмущения. Диссипативные структуры. С ростом полости в ее потолочине может образоваться «окно» по контакту с покровной толщей, в частности со слоем грунта на глубине Z_a, у которого $\sigma_{str}<\gamma Z_a$. Соответственно в грунтах этого слоя (как правило, глинистого грунта) происходят разгрузка напряжений вокруг возникшего «окна» и деформации грунта в полость. В грунтах на глубине Z_a под влиянием полости горизонтальные напряжения ориентируются по силовым линиям (σ_{3a}) и по эквипотенциальным (σ_{2a}). Возникает снижение горизонтальных напряжений отпора по мере приближения точек горизонта на глубине Z_aк полости (рис. 1).

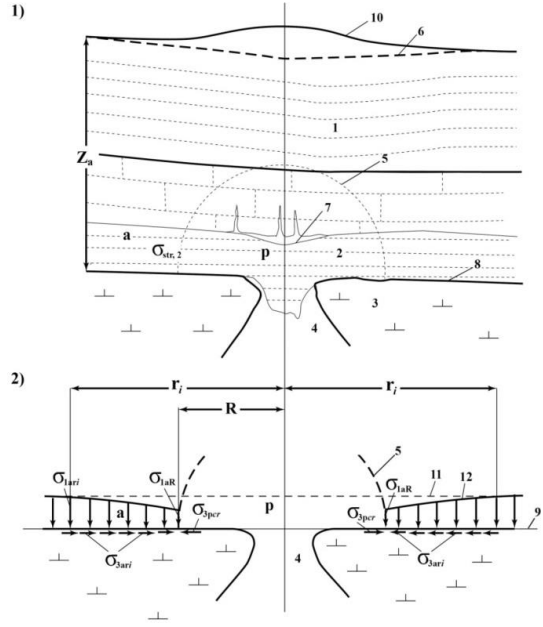


Рис.1. Схема формирования провала в покровной толще. 1) схематический разрез на участке формирования провала; 2) схема распределения главных напряжений в слое над полостью. 1 – покровная толща над горизонтом с отверстием в полость; 2 – пограничный слой на контакте с полостью; 3 – карстующииеся породы; 4 – полость; 5 – свод напряжений над отверстием в полость; 6 – мульда; 7 – изгиб и деформации слоев; 8 – подошва пограничного слоя; 9 – горизонт контакта с полостью; 10 – возможный бугор при промерзании воды в трещинах; 11 – исходное распределение напряжений $\sigma_{1a}=\gamma Z_a$ на глубинеZ_a; 12 – распределение напряжений σ_{1ari} на глубине Z_a,вокруг оси через полость, со снижением значения при уменьшении r_i. а – «активная» зона изменения напряженного состояния массива вокруг отверстия в полость; р –условно «пассивная» зона разгрузки напряжений над отверстием в полость.

Если рассматривать грунтовый массив как систему и образование подземной полости как воздействие на систему, которое вносит некоторое изменение в исходное ее состояние, то в этом случае самоорганизация системы может происходить в виде образования диссипативных структур. Закономерности диссипации энергии при воздействии на систему рассмотрены применительно к химическим и физическим процессам [5]. Очевидные признаки участия специфических диссипативных структур отмечены при подготовке и развитии глубоких блоковых оползней типа сжатия-выдавливания [4]. Возникновение локального силового возмущения в массиве в виде разгрузки напряжений в покровной толще над полостью вызывает перестройку напряженно-деформированного состояния, инициирует процессы самоорганизации, ограничивающие влияние полости и включающие функции самозащиты. В массиве образуются диссипативные структуры, преобразующие в первую очередь поле напряжений. По мере увеличения площади контакта полости с покровной толщей, с нижним ее слоем на глубине Z_a,, происходит диссипация в виде роста размеров свода (в напряжениях) над полостью и соответственно цилиндрического объема грунтовых масс сверху, который он удерживает. В зоне полости изменение НДС в массиве регламентируется проявлением соответствующих диссипативных структур (рис. 2).

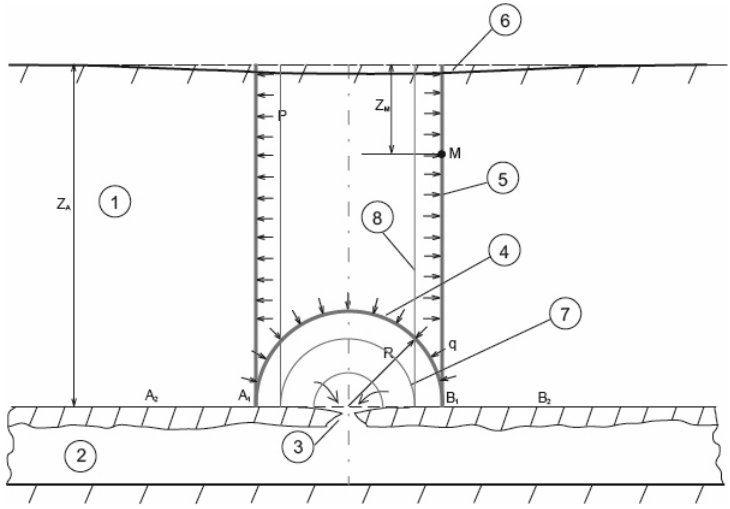


Рис.2. Схема проявления диссипативных структур в массиве над подземной полостью. 1 – покровная толща над полостью; 2 – пещера; 3 – участок деформирования кровли пещеры и подготовки провала; 4 – свод предельного очертания; 5 – цилиндрический объем провала; 6 – поверхность массива на участке подготовки провала; 7, 8 – соответственно свод и цилиндр как возможные диссипативные структуры при развитии отверстия в полость. p и q – давление грунта на граничные поверхности (оболочки) диссипативных структур.

Решение по сохранению исходного НДС в массиве вне зоны над полостью. **Предельное равновесие горизонтальных напряжений распора и отпора**. В слое покровной толщи на глубине Z_a при приближении к полости величины горизонтальных напряжений отпора (со стороны полости) снижаются. При постоянном значении распора,σ_{3a}=const, процесс снижения напряжений отпора усиливается с ростом размеров контакта слоя с полостью и интенсивности деформаций грунта в свободное пространство. Предельное равновесие между распором и отпором на данном горизонте достигается на окружности радиусом R (предельное значение радиуса провала над полостью). Принимается, что значения горизонтальных напряжений распора формируют над полостью полусферический свод таких параметров (радиусом R и толщиной h), которые позволяют уравновесить горизонтальные напряжения в его основании. Получено, что уравнение предельного равновесия имеет вид:

$$\gamma Z_a - \sigma_{str} = \pi^2 \gamma R/4. \qquad (1)$$

Отсюда определяется предельно возможный радиус провала:

$$R = (Z_a - \sigma_{str}/\gamma)4/\pi^2. \qquad (2)$$

Определение радиуса провала из анализа НДС диссипативных структур. Влияние подземной полости на покровную грунтовую толщу прежде всего проявляется в виде разгрузки напряжений. Как и при формировании оползней, в поле напряжений могут образоваться диссипативные структуры, посредством которых происходит локализация очага разгрузки напряжений и деформирования грунтов в полость, с перестройкой исходного распределения напряжений в массиве с учетом образуемых диссипативных структур (крупных образований в поле напряжений массива). При этом происходит диссипация напряжений (с восстановлением исходного состояния) по мере удаления от очага разгрузки. В зоне очага силового возмущения диссипативные структуры выполняют защитную функцию. Каждый элемент диссипативных структур представляет собой относительно замкнутую ячейку массива, с которой в критическом состоянии массив готов расстаться, чтобы локализовать упомянутый очаг и сохранить НДС в основной части массива. Подобную функцию выполняет,например, часть хвоста ящерицы, которая может отделиться в случае опасности. В конструкции корабля также предусматривается система водонепроницаемых отсеков, которые увеличивают его непотопляемость и защиту от пожара при локальном повреждении. Защитной реакцией организма человека является свертывание крови, когда вблизи раны кровь изменяет структуру от текучего состояния до творожной консистенции. Т.е. процессы самоорганизации имеют общий характер.

В грунтовом массиве над подземной полостью (локальной зоной разгрузки напряжений) в слое грунта, где вертикальное давление на грунт превышает его структурную прочность, образуется свод (элемент диссипативных структур), передающий давление от веса вышележащих грунтовых масс на краевые устойчивые области массива, окаймляющие полость. Второй элемент диссипативных структур четко проявляется при образовании провала. Это цилиндрический объем («столб») грунта, который в виде

обрушения смещается в полость на конечном этапе формирования провала (рис. 2). По мере роста размеров «окна» в полость контакта нижнего слоя покровной толщи с полостью, происходит локальная разгрузка вертикальных напряжений $\sigma_{la} = \gamma Z_a$ (с зависанием теряющего опору грунтового столба над областью разгрузки) и снижение горизонтальных главных напряжений в грунтах указанного выше слоя по радиальным силовым линиям.

Самоорганизация массива с целью локализации влияния полости на НДС выполняется путем последовательного образования в поле напряжений над полостью сводов (от небольших размеров до предельного значения радиуса), которые стабилизируют напряженное состояние в его основании. Диссипация напряжений над полостью без проявления разрушительных деформаций грунтового массива происходит до тех пор, пока сохраняется равновесие между вертикальным давлением упомянутого «цилиндра-столба» и несущей способностью свода (опорным давлением свода). Т.е. в предельном состоянии вертикальные напряжения в оболочках цилиндра и свода на глубине Z_a(см. рис.2, точки A_1 и B_1) должны быть равны между собой:

$$\sigma_{maC}=\sigma_{maV}, \qquad (3)$$

где σ_{maC}и σ_{maV} – значения вертикальных напряжений на глубине Z_a соответственно в оболочках цилиндра и свода.

Принимается, что упомянутые выше цилиндр и свод представляют собой резервуары в виде осесимметричных оболочек с условной толщиной h.

Для определения напряжений в оболочке цилиндра используется математический аппарат теории тонкостенных оболочек, в том числе решения Лапласа по увязке распорного давления в резервуаре с главными напряжениями (меридиональной и широтной ориентации) в его оболочке.

В результате выполнения расчетов, определения вертикальных напряжений в оболочках цилиндра и свода на уровне основания и их учета в уравнении (3) получено:

$$Z_a-\sigma_{str}/\gamma = (Z_a - R - \sigma_{str}/\gamma)\,\pi/2 \quad (4)$$

Отсюда находится выражение для определения предельного значения (в данных геологических условиях) радиуса провала R:

$$R= (1- 2/\pi)(Z_a-\sigma_{str}/\gamma) \qquad (5)$$

Анализ НДС диссипативных структур показал, что при нарушении равновесия по формуле (4) в оболочках структурных элементов образуется разрыв сплошности с потерей структурного сцепления и далее движение отделившихся элементов производится по механизму трения. Следует отметить, что в уравнениях (1) и (4) предельного состояния массива при подготовке провала над подземной полостью используется прочность грунта σ_{str} только нижнего (пограничного) слоя покровной толщи, где $\gamma Z_a > \sigma_{str,a}$. Именно здесь в первую очередь достигается критическая ситуация. Слои более прочных грунтов, залегающие выше, согласно теоретическим расчетам не вносят изменения в процесс отделения по оболочке диссипативных структур над полостью, сохраняя ровное очертание поверхности провала.

Тестирование. Сопоставление результатов расчетов по формулам (2) и (5) с фактическими данными производилось по провалу, который образовался в 1959 г. на участке Пивоварово Вязниковского района Владимирской

области [6]. Диаметр провала 18 м (по другим данным 16-18м); глубина до полости в карстующихся породах Z_a=31 м; структурная прочность глин над кровлей карстующихся пород σ_{str}=233 кПа (при φ_a=23°, С=77 кПа); среднее значение удельного веса грунтов покровной толщи γ=20 кН/м^3.

Результаты определения радиуса провала: по формуле (2) – 7,85 м; по формуле (5) – 7,03 м. Между приведенными результатами теоретических расчетов расхождение небольшое. Однако с фактическим значением радиуса провала, по данным работы [6],отклонение выше.

Следует отметить, что согласно работе [6] свойства грунтов взятыне по участку провала, а по объектам г.Дзержинск. При выполнении обратного расчета по уравнению (2) получено, что σ_{str}=176,3 кПа, считая, что R=9 м. Это соответствует, например, значениям характеристик прочности: φ=22°, С=60 кПа.

Таким образом, приведенные технические решения учитывают механизм изменения НДС массива при подготовке провала над подземной полостью, основные параметры исходного состояния массива, и могут быть предложены для определения диаметра возможного провала.

Литература

1. *Алванян А.К., Ибламинов Р.Г., Коноплев А.В.* Физико-механические свойства гипсового камня и инженерно-геологические условия Богомоловского месторождения // Научный журнал КубГАУ, 2012. №83(09), с.1-10.
2. *Казеев И.М., Казеев А.И.* Обеспечение безопасности работ и оптимизация логистики на горнодобывающем предприятии // В сборнике: «ГЕОРИСК - 2018» Материалы X Международной научно-практической конференции: в 2 томах. Отв. ред. Н.Г. Мавлянова. М, 2018,с.57-62.
3. *Постоев Г.П.* Предельное состояние и деформации грунтов в массиве (оползни, карстовые провалы, осадки грунтовых оснований). М., СПб.,Нестор-История, 2013. 100 с.
4. *Постоев Г.П.* Диссипативные структуры в грунтовом массиве на примере формирования глубоких оползней //Инженерная геология. Том XIII, № 3/2018,с.54-61.
5. *Пригожин И.Р., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. М.,Едиториал УРСС, 2003. 312 с.
6. *Хоменко В.П.* Карстово-обвальные провалы «простого» типа: полевые исследования // Инженерная геология. 2009. №4, с.40-48.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА И ЕГО КАЧЕСТВА ПРИ АКТИВИЗАЦИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАЙОНАХ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

В.Т. Трофимов, М.А. Харькина

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 119911, г.Москва, Ленинские горы, д.1. E-mail: kharkina@mail.ru

Разработка месторождений полезных ископаемых любым способом относится к числу тех видов деятельности, которые оказывают массированное воздействие на все природные компоненты окружающей среды и, прежде всего, на геологическое пространство, что сильно отражается на его ресурсном потенциале и качестве. Масштабная роль в этом воздействии принадлежит геологическим процессам, вновь возникающим или изменяющим частоту проявления и интенсивность на горнодобывающих территориях [4, 8, 13].

Геологические процессы при открытых (карьерных и дражных) разработках. Карьерная разработка полезных ископаемых полностью изменяет ресурс и качество геологического пространства под любые другие виды деятельности за счет организации выемок, накопления отвалов вскрышных пород и формирования отвалов из хвостов. Карьерная разработка способствует интенсификации склоновых процессов (оползней, обвалов, оплывин, селей), вследствие изменения рельефа. Амплитуда высот между днищами наиболее глубоких выемок и самых высоких отвалов превышает сейчас 1100 м [4]. Среди техногенно обусловленных гравитационных процессов наибольшее распространение в карьерах имеют оползни. По данным института ВИОГЕМ, при средней глубине железорудных карьеров 100 м оползни имеют место на 50% предприятий, а при достижении средней глубины 200 м – уже на 80%.

Ускорение процессов дефляции наблюдается при формировании высоких и сверх высоких (более 100 м) породных отвалов, в результате увеличения скорости ветра более чем в три раза, а удельной сдуваемости пыли в 25 раз [5]. Плоскостному и ручейковому смыву – ускоренной эрозии – подвергаются склоны отвалов. Согласно Л.В. Моториной и В.А. Овчинникову, на Кимовском и Ушаковском разрезах Тульского угольного бассейна модуль смыва с отвалов колебался от 1384 до 7959 $м^3$/га в год. Особенно опасна активизация эрозионных процессов в криолитозоне, где широко используются драги. Дражные разработки приводят к увеличению в

сотни раз выше фонового твердого стока рек. Мутьевые потоки распространяются на 10-15 км от дражных [7].

Дражные разработки приводят к увеличению в сотни раз выше фонового твердого стока рек, что становится фактором экологического риска регионального масштаба.

Геологические процессы при подземных (шахтных и скважинных) разработках. Подземные разработки существенно снижают ресурсный потенциал и его качество, вызывая оседание земной поверхности. Величины этих оседаний при масштабной разработке месторождений достигают больших площадей. Так, по данным Т.А. Айруни в Челябинском буроугольном бассейне оседанием нарушено 210 км^2 земной поверхности, из них 110 км^2 заболочено. Последствиями образования мульд оседания является переувлажнение почвы, заболачивание и заозеривание из-за повышения уровня грунтовых вод (УГВ) относительно опустившейся поверхности.

В процессе скважинной разработки месторождений так же фиксируются просадки земной поверхности на всех крупнейших месторождениях углеводородов. Максимальное накопленное опускание за 38 лет наблюдений отмечается на месторождении Wilmigton (США) и составляет 8,8 м. В нашей стране этот процесс актуален для нефтегазовой провинции Западной Сибири.

При подземной разработке полезных ископаемых над горными выработками образуются провалы. Так, на территории Кузбасса по состоянию на 1 апреля 2000 г. в горных отводах ликвидируемых шахт службами мониторинга установлено и спрогнозировано 4429 провалов и провалоопасных зон, в пределах которых располагалось 1695 домов. Большинство выявленных и потенциальных провалов расположено в городской черте Прокопьевска, Новокузнецка, Кемерова, Белова, Анжеро-Судженска и Ленинско-Кузнецкого [10].

Подземная добыча полезных ископаемых на больших глубинах в условиях неравнокомпонентного поля напряжений приводит к внезапным выбросам породы и газа, горным ударам. Частота этих проявлений увеличивается с глубиной. Так, на месторождение урановых руд «Антей» (Забайкалье) динамические проявления горного давления в форме стреляний и интенсивного заколообразования пород стали происходить при ведении работ на глубине 410 м от дневной поверхности и ниже [1]. Если при малых глубинах выработок до 2000 г. на месторождении отмечалось не более 8 случаев динамических проявлений, то в 2004-2005 гг. с увеличением глубины добычи руды до 410 м ежегодно регистрировалось более 100 динамических явлений, включая заколообразование, стреляние, микроудары и горные удары.

Типичным явлением, изменяющим качество ресурса геологического пространства, является осушение горнодобывающих территорий в связи с шахтным водоотливом. Например, осушение разрезов и шахт Кузбасса привело к образованию депрессионной воронки площадью 2000 км^2, что сказалось на поверхностных водах: 200 речек сократили свой расход [10].

Изменение гидрогеологических условий при разработке месторождений неизбежно вызывает активизацию карста и суффозионных процессов. При отработке Николаевского карьера (Украина), где разрабатывались гипсы тортона, интенсивное развитие карста вызвало прорыв в карьер р.Зубр (притока р.Днестр). Активизация карста, например, на участках затопленных соляных шахт, связана с выщелачиванием целиков каменной соли подземными водами, сопровождается обрушением или плавной просадкой пород над солевой толщей.

Травматизм и риск потери жизни. По результатам статистического анализа крупных аварий на шахтах Кузбасса с 1936 по 2014 гг., вызванных взрывами метановоздушной смеси и прорывами пульпы в горные выработки, произошло 46 крупных аварий, в результате которых сотни шахтеров получили травмы, а 1109 человек погибло [6].

Провалы над горными выработками непосредственно влияют на условия жизнедеятельности и безопасность людей. На территории Подмосковного буроугольного бассейна случаи провалов отмечаются как над действующими шахтами, так и над пройденными более полувека назад. Так, над шахтой №21 Щекинского месторождения в 1970 г. во время сельскохозяйственных работ провалился комбайнер с комбайном, через год человек умер [12].

Повышение риска потери жизни отмечается и при проявлении оползней. Так, в 1996 г. на Стойленском карьере КМА при обрушении техногенных масс отвалов «Стрелица» погиб машинист роторного экскаватора [9].

Гибель зообентоса и частичная потеря рыбохозяйственного значения рек отмечается на участках разработки россыпных месторождений золота. Рыба для нереста заходит в нарушенные водотоки только лишь через 4 года. По данным Института биологических проблем Севера (г.Магадан), за 50 лет разработок россыпей в бассейне верховьев р.Колыма свыше 200 рек утратили свою рыбохозяйственную значимость, а экологический потенциал многих районов Магаданской области снизился на 40-50%.

Перенос населенных пунктов и потеря жилья. Очень показательным является перенос пос.Ташикташ на р.Ахангаран (Узбекистан) с населением свыше 20000 человек. Причиной послужила угроза схода оползня объемом 700-800 млн $м^3$ с отвала действующей угольной шахты.

В результате сдвижения пород в пределах мульд оседания, образуются деформации фундамента и стен жилых домах. Так, на Ступянском участке Артемовского месторождения солей (Донбасс) на месте ствола шахты им.Шевченко диаметр существовавшей затопленной провальной воронки с 1976 по 1984 гг. увеличился с 60 м до 78 м, а площадь мульды оседания возросла на 4000 $м^2$, часть жилых домов была деформирована, а впоследствии снесена.

Деградация поверхностных фитоценозов. Оседание земной поверхности над подработанными территориями в случае близкого залегания уровней грунтовых вод приводят к подтоплению земель. При заболачивании (УГВ ниже поверхности на 0,5-0,6 м) почвенный слой теряет свои биологические свойства, снижается урожайность сельхозугодий, гибнут леса. Часть земельных угодий полностью выбывает из сельскохозяйственного оборота.

Время проявления неблагоприятных экологических последствий оседаний земной поверхности зависит от гидрогеологических особенностей разреза [3]. Если техногенные опускания не затрагивают водоупоров, то деградация поверхностных фитоценозов происходит уже в период отработки подземных залежей. Для растений они связаны с уменьшением зоны аэрации и созданием условий анаэробиоза в корнеобитаемом слое. Если же техногенные опускания затрагивают водоупоры, то прогиб земной поверхности в период эксплуатации месторождения может не иметь никаких негативных последствий с позиции водного питания фитоценозов. По окончании же горных работ в силу обратимости депрессионных процессов уровень воды во всех водоносных горизонтах восстанавливается, что приводит к формированию условий анаэробиоза корнеобитаемого слоя вплоть до заболачивания территорий. В этом случае неблагоприятные экологические последствия опускания земной поверхности смещаются на после эксплуатационный период. В целом предел выживаемости растений по условиям водного питания наступает, когда техногенные опускания поверхности окажутся равными мощности зоны аэрации. Рассчитаны изменения урожайности на подработанных территориях (около 16000 га). При условии подъема уровня грунтовых вод до 2 м и использования земель для однотипных культур прирост урожая зерновых составит 1952 ц, картофеля – 11750 ц, а снижение урожая многолетних трав – 3367 ц [11].

Увеличение ресурса для отдыха населения. Это можно проиллюстрировать на примере открытой разработок месторождений янтаря в Калининградской области Российской Федерации близ побережья Балтийского моря, где работы ведутся со второй половины XIX в., и все время сброс отработанной породы осуществлялся на шельф Балтийского моря. Общий объем рыхлой породы, сброшенной в береговую зону за 100 лет (до 1980 г.) приблизительно составил 65 млн $м^3$, причем объем сброса резко возрастал: 1880-1958 гг. в среднем составил 0,25 млн. т в год, 1959-1968 гг. – 1,0 млн. т, 1969-1974 гг. – 3 млн. т, 1975-1980 гг.– до 5 млн. т. Масштабы сброса в море в 80-х годах рыхлого материала Янтарного комбината соизмеримы с годовым стоком всех рек вместе взятых (Висла, Даугава и др.). В результате средняя скорость осадконакопления на глубинах 8-12 м у Янтарного комбината составила 3-4 см/год, а на меньших глубинах – до 10 см/год. Образовался локальный очаг седиментации антропогенного генезиса, который блокировал 9-ти километровый абразионный участок берега. Около 40% сброшенного в море рыхлого материала (около 25 млн. $м^3$) было вовлечено во вдольбереговое течение, что изменило направленность процессов на протяжении 37 км шельфа. Основным процессом на этом участке стал аккумуляционный, тогда как до интенсивной разработки месторождения основным процессом был абразионный. Отметим, что процесс стабилизации носит обратимый характер. После прекращения сброса в 1998 г. песчаной пульпы начался интенсивный размыв выдвинутого в море пульпового конуса. Сейчас его размеры сократились почти на 500 м: с 800 м в 1998 г. до 300 м в настоящее время [2].

Таблица 1

Экологические последствия проявления техногенно обусловленных и природных геологических процессов геологических процессов при разработках месторождений (РМ) полезных ископаемых

Способ РМ	Геологические процессы и их генезис		Экологические последствия	
	Техногенные	Активизированные природные	Позитивные	Негативные
Открытый	Склоновые: осыпи, оползни, сели			Гибель людей, снижение комфортности трудовой деятельности
		Эрозия речная		Деградация речных экосистем за счет увеличения твердого стока
		Дефляция		Обострение легочных заболеваний
	Ускоренная эрозия			Снижение урожайности
		Аккумуляция	Улучшение условий отдыха из-за стабилизации берегов и увеличения ширины пляжей	
	Карстовые и суффозионные			Отчуждение территорий
	Криогенные			Гибель растительности, снижение комфортности трудовой деятельности
	Осушение			Трудности в водоснабжения из-за истощения подз.вод
Подземный	Оседание поверхности			Снижение урожайности, потеря жилья
	Горные удары			Травматизм и гибель людей
	Провалы			Гибель людей, потеря жилья
	Осушение			Трудности в водоснабжения из-за истощения подз.вод
	Подтопление при ликвидации шахт «мокрым» способом			Повышение заболеваемости населения, снижение урожайности из-за заболачивания понижений рельефа
	Карстовые и суффозионные			Отчуждение территорий
	Криогенные			Формирование техногенных пустошей
		Землетрясения		Снижение комфортности проживания при слабых толчках

Таким образом, активизация геологических процессов в районах разработки месторождений приводит в большинстве случаев к усилению экстенсивности и интенсивности проявления природных геологических процессов, к возникновению новых техногенных с негативными экологическими последствиями (табл. 1). Территории горных разработок характеризуются по этой причине пониженным ресурсным потенциалом.

Литература

1. *Аникин П.А*. Результаты геоакустического мониторинга удароопасного массива горных пород месторождения «Антей» // Проблемы недропользования. Матер. 2 Всеросс. мододежн. научно-практ. конф., Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2008. с.313-324.

2. *Бондырев В.Н.* Аварийная обстановка на Калининградском побережье Балтийского моря // Георискь, № 1, 2008. с.32-34.

3. Галченко Ю.П., Бурцев Л.И., Ефремов А.А. Биологическая регламентация при подземном освоении недр // Вест. Росс. академии наук, т.70, № 11, 2000. С.994-1004.

4. Геологическое пространство как экологический ресурс и его трансформация под влиянием техногенеза / В. Т. Трофимов, Н. Д. Хачинская, Л. А. Цуканова и др. М.: "Академическая наука" - Геомаркетинг, 2014. 566 с.

5. *Горлов В.Д.* Экологические изменения при формировании высоких и сверх высоких отвалов // Экологические проблемы горного производства, переработки и размещения отходов М.: МГГУ, 1995. с.27-31.

6. Петров А.К., Ордин А.А., Никольский А.М. О влиянии талых вод на концентрацию метана в шахтах Кузбасса // Уголь, № 5, 2017. С.76-78.

7. Природные опасности России. В 6 т. / Под общ. ред. В. И. Осипова, С. К. Шойгу; РАН, МЧС России. Т. 4: Геокриологические опасности // Под ред. Л.С. Гарагуля, Э.Д.Ершова. М.: КРУК, 2000. 316 с.

8. Расширение добычи нефти и газа и возрастание экологического риска / В. Т. Трофимов, А. В. Николаев, А. Д. Жигалин, Т.А. Барабошкина, М.А. Харькина, Е.В. Архипова // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2017. № 3. с.7-16.

9. *Сергеев В.С., Храмцов Б.А., Растовцева А.А., Волынский С.Е.* Определение безопасных параметров однородных откосов на карьерах КМА // Маркшейдерия и недропользование, №1 (39), 2009. с.66-68.

10. Угольная база России: Т.2. Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири (Кузнецкий, Горловский, Западно-Сибирский бассейны, месторождения Алтайского края и Республики Алтай / А.З.Юзвицкий, Э.М. Пах и др. М.: Геоинформцентр, 2003. 604 с.

11. Укрупненный прогноз продуктивности лесных фитоценозов и урожайности сельскохозяйственных культур на подрабатываемых территориях Краснослободского рудника / Смычкин А.Д., Гречко А.М., Злебова А.Е и др. // Полезные ископаемые Беларуси: геология месторождений и рациональное недропользование. Матер. межд. научн.-практ. Конф. Минск, 27-29 ноября 2003 г. Минск: Белорусский государственный университет, 2003. с.150-152.

12. *Харькина М.А., Федоров А.Я., Голынская Ф.А., Соболева А.Н.* Экологические аспекты влияния горнодобывающей деятельности на геологическую среду (на примере Подмосковного буроугольного бассейна // Сергеевские чтения, т. 6. М.:ГЕОС, 2004. с.443-445.

13. Эколого-геологические условия России. Трансформация экологических функций литосферы территории России под влиянием антропогенного воздействия и ее экологические последствия. / В. Т. Трофимов, М. А. Харькина, Т. А. Барабошкина и др. Том 2. М.: «КДУ», «Университетская книга» Москва, 2016. 280 с.

МОДЕЛЬ КОЛЬМАТАЦИОННО-СУФФОЗИОННОГО МЕХАНИЗМА МИГРАЦИИ ВЕЩЕСТВ В ПОРОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ

М.Г. Храмченков,[1] Э.М. Храмченков,[2] А.Н. Гараева[3]

[1]Казанский (Приволжский) федеральный университет, г.Казань.
E-mail: mkhramch@gmail.com
[2]Казанский филиал Межведомственного суперкомпьютерного центра РАН, г.Казань.
E-mail: ekhramch@gmail.com
[3]Казанский (Приволжский) федеральный университет, г.Казань.
E-mail: anastya-solnce@mail.ru

Введение. Изучением суффозионно-кольматационного механизма изменения фильтрационных свойств в поровом пространстве и его причинами, носит актуальный характер уже с 60-х гг. XX в., так как существующие методы вскрытия нефтяных коллекторов и водоносных горизонтов не всегда отвечают возросшим требованиям сохранения естественной фильтрационной характеристики пластов-коллекторов. Ухудшение фильтрационных характеристик продуктивных пластов, может быть обусловлено различными причинами, вызывающие частичную или полную закупорку микроканалов в пористой среде и, соответственно, ухудшающие проницаемость призабойной зоны скважины и по пласту в процессе различных технологических операций [1, 2, 3, 4, 5].

Протекающие процессы достаточно сложны и часто недоступны для прямого экспериментального изучения. В этих условиях удобным, а иногда и единственным методом изучения выступает математическое моделирование процесса. Ниже приводится математическая модель кольматационно-суффозионных процессов в пласте в полной постановке.

Экспериментальные исследования. Экспериментальные исследования проводились на естественных образцах керна представляющих собой, выбуренные параллельно напластованию цилиндрические образцы правильной формы длиной около 3-5 см и диаметром около 3 см., в качестве фильтрационного раствора использовался глинистый раствор бентонитовой глины с частицами меньше 5 мкм. Экспериментальное изучение процесса кольматации и суффозии проводилось на собранной экспериментальной фильтрационной установке (рис. 1) с отслеживанием изменений коэффициента проницаемости при постоянном давлении.

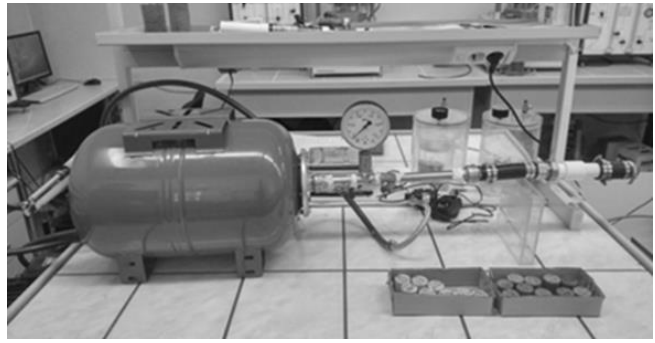


Рис.1. Экспериментальная фильтрационная установка.

Полученные результаты эксперимента подтверждаются кривыми изменениями коэффициента проницаемости (рис. 2) на которых видно, что при фильтрации глинистого раствора с частицами <0,005 мм через терригенный коллектор происходит оседание твердых частиц на входной поверхности керна и постепенная закупорка порового пространства, что в свою очередь приводит к уменьшению коэффициента проницаемости. После удаления фильтрационной корки на входной поверхности керна с образцов и прокачкой в дальнейшем дистиллированной воды, наблюдается механизм суффозии, где сорвавшиеся частицы сначала приводят к незначительному повышению проницаемости, но после забивания ими поровых каналов по длине образца происходит снижение проницаемости.

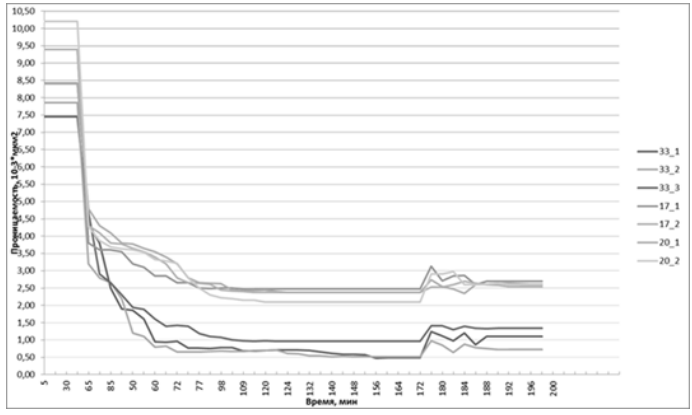


Рис.2. Диаграмма изменения фильтрационных свойств, при покачивании глинистого раствора бентонитовой глины с размером частиц меньше 5 мкм, на природных образцах Вишнево-Полянского месторождения.

Модель кольматационно-суффозионных процессов в деформируемых пластах.

Введем обозначения: θ – дилатация, ϕ – пористость, $\mathbf{q}$ – относительная скорость движения флюида в пласте (скорость фильтрации); ρ_w, ρ_s – плотности флюида (воды) и вещества твердого скелета соответственно, V_s – объем вещества твердой фазы пористой среды, u_i $(i = x, y, z)$ – компоненты вектора смещения среды. Содержание твердых частиц или химических компонентов в фильтрующейся жидкости будем задавать концентрацией c.

Тогда для баланса массы жидкости имеем:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{q} = \frac{1-\phi}{V_s}\frac{\partial V_s}{\partial t} \qquad (1)$$

Для связи дилатации и пористости, пренебрегая изменением плотностей фаз, имеем:

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} = (1-\phi)\frac{\partial \theta}{\partial t} - \frac{1-\phi}{V_s}\frac{\partial V_s}{\partial t} \qquad (2)$$

Конвективный перенос взвешенных частиц описывается уравнением:

$$\frac{\partial (c\phi)}{\partial t} + \nabla \cdot (c\mathbf{q}) + mc\frac{\partial \theta}{\partial t} = j,\ j = -\frac{1-\phi}{V_s}\frac{\partial V_s}{\partial t}\rho_s \qquad (3)$$

Для связи параметров и скоростей их изменений используется соотношение [5]:

$$\beta c|\mathbf{q}|(1 + b(\phi_0 - \phi)) - \alpha\left(\frac{|\mathbf{q}|}{\phi} - q_0\right)(\phi - \phi_0)H((|\mathbf{q}|/\phi) - q_0) + j = 0 \qquad (4)$$

Из закона Дарси фильтрации жидкости с вязкостью η имеем:

$$\mathbf{q} = -\frac{k_0\phi^3}{\eta(1-\phi)^2}\nabla p,\ k_0 = const \qquad (5)$$

Поскольку мы учитываем деформации пласта, необходимо записать уравнения для параметров, описывающих деформации и возникающие напряжения в пласте:

$$\theta = \frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} = \mathrm{div}\vec{U} \qquad (6)$$

Баланс импульса в статическом приближении описывается системой уравнений механического равновесия фаз

$$\left(K + \frac{G}{3}\right)\left(\nabla(\mathrm{div}\vec{U})\right) + G\left(\Delta\vec{U}\right) = \nabla(p + (\rho_s + \rho_w)gz) \qquad (7)$$

Здесь K и G – модуль всестороннего сжатия и модуль сдвига соответственно, индексы «s» и «w» означают твердую фазу и воду соответственно. Таким образом, можно построить замкнутую модель для совместно протекающих процессов суффозии и кольматации.

Один из сценариев совместного протекания процессов суффозии/кольматации заключается в следующем. При интенсификации закачки в пласт воды в соответствии с технологией поддержания пластового давления или в рамках мероприятий по повышению нефтеотдачи пласта, в призабойной зоне закачивающей скважины создается зона высоких физических скоростей фильтрации, и при прохождении предела начинается суффозионный вынос твердых частиц из этой зоны. По мере удаления от скважины скорости фильтрации падают, и взвешенный материал начинает осаждаться и образовывать зону пониженной пористости и проницаемости. В этой зоне возникают условия для роста физической скорости фильтрации вследствие уменьшения пористости пласта, что способствует началу выноса из этой зоны, так что процесс распространения взвешенных и осажденных частиц твердой фазы будет носить волновой характер. Так, ниже изображена концентрация взвешенных частиц на расчетный момент времени (рис. 3).

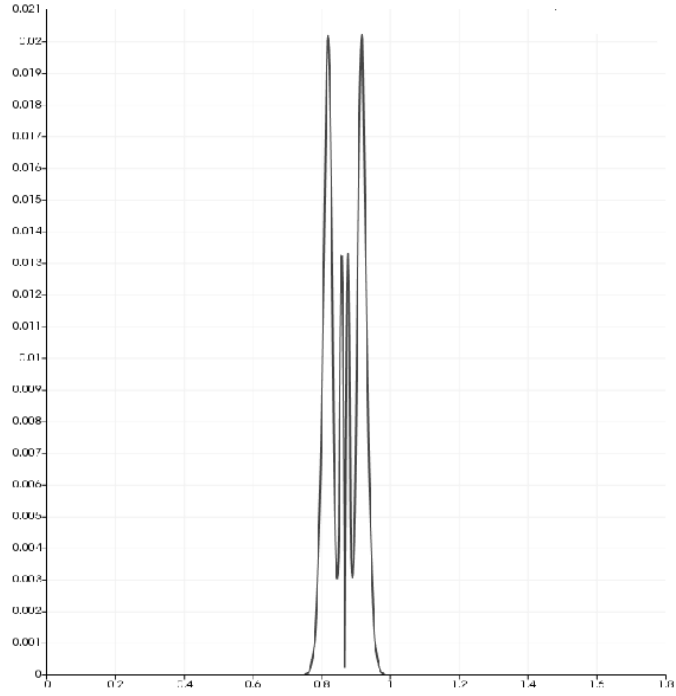


Рис.3. Распределение концентрации взвешенных частиц на расчетный момент времени.

Со временем пик концентрации «движется» по пласту.Далее интересно провести сравнение с экспериментом (рис. 3). Из аналитического решения системы (1) – (7) в приближении недеформируемой среды следует, что проницаемость образца будет вести себя так, как показано на рис. 4.

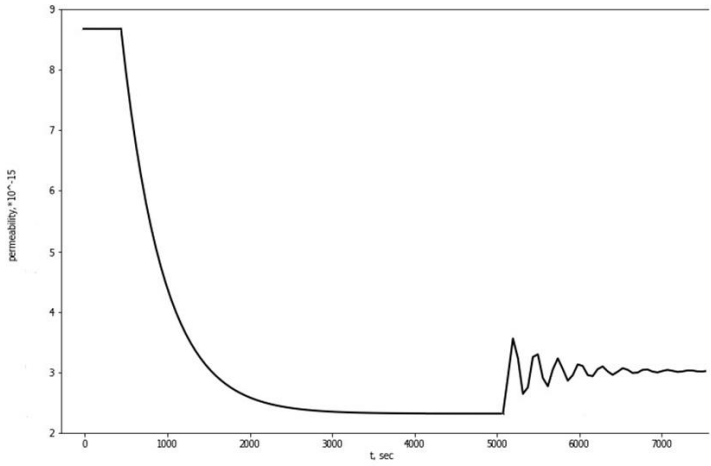


Рис.4. Диаграмма изменения фильтрационных свойств построенная по результатам теоретического описания процесса.

Видно хорошее качественное соответствие поведения зависимости проницаемости от времени с данными эксперимента.

Выводы. Проведены экспериментальные исследования одновременно протекающих процессов кольматации и суффозии в пористой среде. Установлен колебательный характер изменения фильтрационно-емкостных свойств пористой среды. Интересно, что волновой или автоколебательный режим изменения основных характеристик процесса затрагивает не только фильтрационно-емкостные свойства пласта, но и содержание взвеси в фильтрующемся флюиде. Построенная нами модель позволяет проводить анализ таких сложных сценариев взаимосвязанных процессов кольматации и суффозии, причем в полной постановке, т.е. с учетом влияния на процесс напряженно-деформированного состояния массива в целом. Это становится особенно важным для моделирования суффозионного размыва тела плотин и последующих деформаций пористой среды, приводящих к разрушению тела плотины. Кроме того, изменение напряженно-деформированного состояния может быть вызвано тектоническими или техногенными причинами.

Литература

1. *Аржанов Ф.Г., Маслов И.И.* Предотвращение разрушения призабойной зоны пласта и выноса песка // Нефтяное хозяйство. – 1981. -№4. – с.38-40.

2. *Карлсон М.Р.* Практическое моделирование нефтегазовых пластов. – М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2014. – 944с.

3. *Кутырев Э.И., Ляхницкий Ю.С., Михайлов Б.М.* Карстовые месторождения. – Л.: Недра, 1989. – 311 с.
4. *Мироненко В.А., Румынин В.Г.* Проблемы гидрогеоэкологии. В 3-т. Т. 3 (кн. 1). – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2002. – 312 с.
5. *Boek E.S., Hall C., Tardy P.M.J.* Deep Bed Filtration Modelling of Formation Damage Due to Particulate Invasion from Drilling Fluids // Transp. Porous Med. – 2012(91). - P. 479 – 508.
6. *Garaeva A,N., Korolev E.A., Khramchenkov M.G.* Some peculiarities of pore space colmatation process in stress heterogeneous clayey reservoirs // NeftyanoeKhozyastvo – Oil Industry. 2017 (8) p.72-74.
7. *Korolev E.A., Khramchenkov M.G., Khramchenkov E.M., Eskin A.A., Gabdelvalieva R.R., Garaeva A.N.* Modeling of the suffosion cavities development in bitumen saturated sandstones of Ashalchinskoye deposit under SAGD technology application // NeftyanoeKhozyastvo – Oil Industry. 2018 (1). p.55-57.

АКТИВИЗАЦИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ СОКОЛОВОГОРСКОГО НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛА (Г.САРАТОВ)

А.С. Шешнёв, В.Н. Ерёмин

ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», 410012, г.Саратов, ул. Астраханская, д.83.
E-mail: sheshnev@inbox.ru

В городской черте г.Саратова с 1948 г. эксплуатируется Соколовогорское нефтегазовое месторождение, приуроченное к одноименной брахиантиклинальной структуре. Географически оно расположено на территории Соколовогорского плато и склонах Соколовой горы, глубоко расчлененных балками и обрывающихся крутым уступом к Волгоградскому водохранилищу. Разрабатывается месторождение предприятием ОАО «Саратовнефтегаз». Большая часть площадок эксплуатационных и нагнетательных скважин, головные сооружения Соколовогорского нефтегазопромысла и прочие инфраструктурные объекты располагаются в окружении небольших лесных массивов и садоводческих дачных участков. Запасы углеводородного сырья месторождения в значительной степени выработаны, добыча ведется с помощью законтурного обводнения. С 1957 г. в поглощающие скважины сбрасываются промыслово-сточные воды, полученные в результате обезвоживания нефти при ее товарной подготовке. В 2015 г. в поглощающие скважины закачено около 1 млн. м^3 промыслово-сточных вод.

Территория месторождения покрыта сетью подземных промысловых трубопроводов по перекачке углеводородного сырья на нефтесборный пункт, а также наземных водоводов от последнего к поглощающим скважинам. За многолетнюю историю эксплуатации наземных трубопроводов, работающих под давлениями в несколько десятков атмосфер, неоднократно отмечались случаи утечек на поверхность углеводородов и высокоминерализованных промыслово-сточных вод.

На участке широкого развития средне-верхнеаптского и альбского водоносных горизонтов на Соколовогорском плато существенное влияние на состав их вод оказывает деятельность нефтепромысла, который по технологии добычи и товарной подготовки нефти закачивает техническую воду в недра. Пробы воды, отобранные из наблюдательных скважин и родников на склонах Соколовогорского массива, в течение ряда лет показывают исключительно высокую минерализацию подземных вод фактически на уровне рассолов – до 48-83 г/л [1].

В волжской береговой зоне Саратовского Поволжья широко развиты оползневые процессы [4, 5]. В черте г.Саратова от Соколовой горы и на несколько километров выше по течению Волгоградского водохранилища

практически весь береговой склон осложнен крупными блоковыми оползнями. В этих условиях любая хозяйственная деятельность по освоению склоновых земель должна проводиться с соблюдением необходимых инженерно-геологических норм.

Между головными сооружениями Соколовогорского нефтегазопромысла и Волгоградским водохранилищем расположен крупный оползневый участок. Вокруг оползня размещаются участки для ведения гражданами садоводства и огородничества, скважины для добычи нефти и инфраструктурные объекты месторождения (рис. 1).

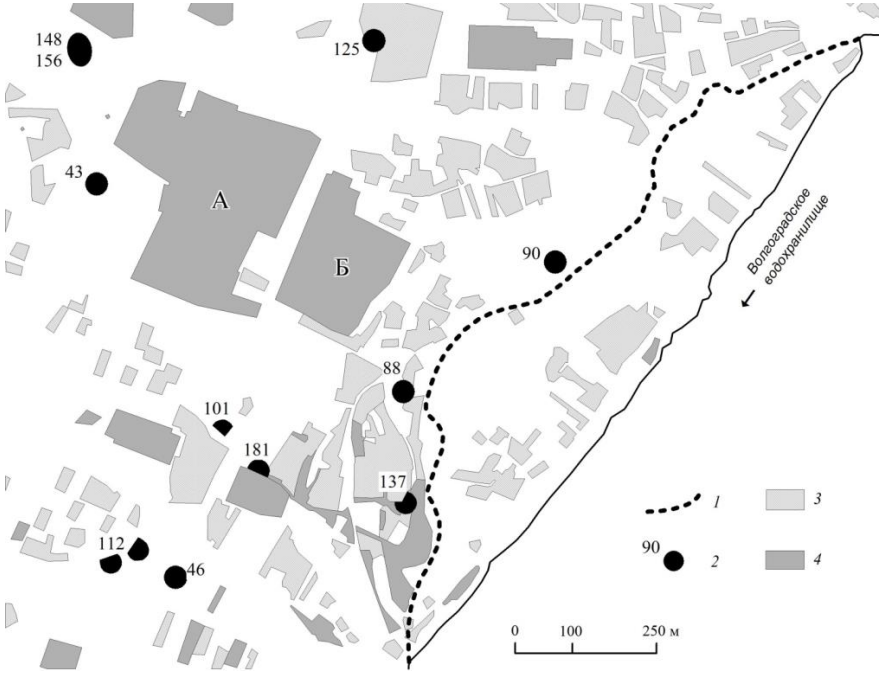


Рис.1. Ситуационный план: 1 – граница современного оползня, 2 – скважина и ее номер, 3 – частная собственность, 4 – собственность публично-правовых образований, А – головные сооружения Соколовогорского нефтегазопромысла, Б – автотранспортный цех ПНГДУ (данные о форме собственности получены из учтенных объектов публичной кадастровой карты Росреестра [3]).

Наиболее крупный из современных действующих оползней на территории г.Саратов объединяет два старых самостоятельных блоковых оползня выдавливания «Пчелка» и «Новопчелка» протяженностью вдоль водохранилища 1250 м и длиной по оси смещения 250-270 м. Их разделяет овраг Безымянный, оба склона которого также подвержены оползням. Площадь оползня около 200 тыс. м^2, а объем смещенных пород при глубине

20 м превышает 4 млн. м^3. Базис смещения находится ниже уреза водохранилища.

В 2008 г. начался процесс объединения двух участков по трещине протяженностью более 700 м. К 2009 г. по трещине образовалась отвесная стенка срыва высотой от 2 м до 6 м. Затем в результате отсадки пород в верхней части склона в центральной и северо-восточной частях участка образовалась отвесная стенка срыва высотой от 6 м до 12 м. На юго-западном фланге оползня произошла отсадка крупного блока, сместившегося в 1979 г., с увеличением высоты стенки срыва с 5-6 м до 10 м [2].

Причины активизации оползней имеют преимущественно природный характер: крутизна склона; песчано-глинистый состав пород, слагающих склон; переувлажнение склона грунтовыми и подземными водами средне-верхнеаптского и альбского водоносных горизонтов. Язык оползня находится под урезом воды и постоянно происходит его размыв, особенно в паводковый период. Перерабатывается абразионно-оползневой уступ нижней террасы, что снижает общую устойчивость склона. Определенную роль играют и колебания уровней на водохранилище, которые имеют наибольшую амплитуду в паводок и послепаводковый период. К причинам техногенного характера относятся: производственная деятельность недропользователя, допускающего многочисленные утечки высокоминерализованных промыслово-сточных вод из водонесущих коммуникаций; нерегулируемые поливы и утечки из водопроводящих коммуникаций садоводческих товариществ. Оползневые массивы застраиваются тяжеловесными коттеджами. Дороги, газопроводы, ЛЭП и прочие объекты инфраструктуры возводятся без противооползневых мероприятий.

Оползневый участок Пчелка вытянут вдоль водохранилища на 800 м при длине по оси смещения до 300 м. В рельефе оползневого склона выделяются две оползневые ступени.

Активизация оползневого процесса произошла в 2008 г. На склоне верхней террасы активно действовали центральный и северный оползни-потоки. В 2009 г. началось разрушение верхней оползневой террасы, выполнявшей для коренного склона роль естественного контрфорса, что ведет к обрушению довольно крупных блоков коренных пород. На нижней абразионно-оползневой террасе заложены протяженные трещины, уходящие под дачные строения, что приводит к их деформации и разрушению.

Наблюдаются активные выходы подземных вод на стенке срыва оползня в его центральной части.

Оползневой участок Новопчелка вытянут вдоль водохранилища на 500 м, длина по оси смещения 200-240 м. В строении склона прослеживаются три оползневые террасы. Нижняя терраса является природным контрфорсом и сдерживает развитие оползневого процесса; имеет сильно взброшенный вид с превышением бровки над урезом водохранилища до 18 м.

Оползень активизировался со второй половины 2008 г. Смещения приурочены к флангам участка и прибровочным частям склона двух верхних оползневых террас. В тыловом шве верхней террасы разгружаются высокоминерализованные подземные воды, поверхность покрыта

растительностью. Высота стенки срыва 8-10 м. Тыловой шов верхней террасы обильно увлажнен и заболочен. Поверхность средней террасы заболочена. На северо-восточном фланге формируется оползень-поток с высокой обводненностью пород в его границах.

Овраг Безымянный, разделяющий два оползневых участка, имеет длину около 1 км и перепад высот от истока до устья около 100 м. Уклон тальвега в верхней части оврага не превышает 1°, а в средней и предустьевой доходит до 7°. Современная оползневая активность отмечается в средней расширенной части оврага на обоих бортах. Длина пораженного оползнями участка оврага составляет 200 м при средней ширине 100 м.

На левом борту оврага выделяются три оползневые ступени, вытянутые вдоль тальвега оврага, длиной по оси смещения 20-30 м каждая. Стенка срыва высотой 6-7 м, крутонаклонная, задернованная, с четкой бровкой. На всем оползневом склоне, особенно в тыловом шве и на поверхности оползневых ступеней отмечены выходы высокоминерализованных подземных вод.

Оползни-потоки. Активизация оползневых процессов привела к формированию нескольких оползней-потоков. Оползни-потоки размывают осевшие блоки пород в верхней части оползневого склона, надоползневые уступы и выходят к поверхности нижней оползневой террасы. Размыву способствует отсутствие организации водного стока с территории расположенного выше по склону Соколовогорского нефтегазопромысла.

Периодически на дачные массивы нижней оползневой террасы оказывают воздействие делювиально-пролювиальные процессы, препарирующие стенку срыва и смещенные оползневые тела. В апреле 2016 г. снесенный материал покрыл площадь в несколько сотен квадратных метров толщиной слоя до 1 м, в результате пострадали посадки, дачные строения и прочие объекты. Подобные ситуации повторялись в 2018 г.

Выводы

1. Активность оползневого процесса на участке сохраняется с 2008 г. Оползневыми подвижками деформировано и разрушено более 40 дачных строений садовых товариществ, воздействие испытывают строения современной базы отдыха, повреждены участки автодороги. Ожидается полное разрушение верхней оползневой террасы. На коренном склоне, лишившемся своего природного контрфорса, произойдут обрушения новых блоков пород. Пригрузка смещенными породами района тылового шва нижней террасы приведет к ее значительной деформации, от чего будут испытывать воздействие строения на нижней террасе.

2. Строительство противооползневых сооружений признано нецелесообразным из-за дороговизны и необходимости сноса строений на абразионно-оползневой террасе и прибровочной части коренного склона. В условиях возможности активных оползневых подвижек рекомендуется ограничить режимы поливов на территориях садоводческих товариществ; временно закрыть для проезда транспорта автодорогу и эксплуатацию базы отдыха. Более строго регулировать проектирование и застройку оползнеопасных территорий тяжеловесными коттеджами.

3. Не менее важным превентивным мероприятием является резкое снижение аварийных разливов высокоминерализованных промыслово-сточных вод на территории месторождения. Эти воды поступают на оползневый склон либо по ложбинам в виде поверхностного стока, либо при фильтрации по разрезу интенсивно подпитывают водоносные горизонты, разгружающиеся многочисленными родниками. Кроме того, высокая минерализация вод многочисленных родников и ручьев в оползневой зоне оказывает негативное воздействие в виде засоления почв и загрязнения вод Волгоградского водохранилища.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых (проект МК-5758.2018.5).

Литература

1. Доклад о состоянии окружающей среды города Саратова в 1994 году. Саратов: ТОО Водолей-94, 1995. 208 с.
2. О состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2009 году. Саратов, 2010. 280 с.
3. Публичная кадастровая карта Росреестра. Режим доступа: https://pkk5.rosreestr.ru/ (дата обращения 26.10.2018).
4. *Рогозин И.С., Дунаева Г.В.* Оползни Саратовского Поволжья. М.: АН СССР, 1962. 163 с.
5. *Шешнёв А.С.* Факторы развития и современная динамика Затонского оползня (г. Саратов) // Разведка и охрана недр. 2017. № 4. с. 49–53.

5. ПУТИ РЕАБИЛИТАЦИИ ТЕХНОГЕННО-НАГРУЖЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАЧАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ КОМПЛЕКСОВ ПО ПЕРЕРАБОТКЕТКО И ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

А.В. Аканов, Т.Г. Макеева

НИУ МГСУ, 129337, г.Москва, Ярославское шоссе, д.26, кафедра Инженерных изысканий и геоэкологии. E-mail: maugli-001@mail.ru

Концепция устойчивого развития предполагает динамическое равновесие экономических, экологических и социальных позиций. Основными направлениями деятельности являются: ресурсосберегающие и малоотходные технологии, эффективная утилизация отходов, минимизация загрязнения окружающей среды. Одним из путей решения этой проблемы является стимулирование предприятий на переход к замкнутым циклам производства, разработка инновационных технологий по защите окружающей среды, как профилактического характера, так и средств защиты от различного рода загрязнений и т.д. Общим положением для существующей концепции остается обеспечение экономического роста страны в рамках экологических ограничений, что является основой национальной безопасности России.

На сегодняшний день остро стоит проблема эффективной утилизации отходов производства и потребления [1]. В России за 2017 г. было образованно 6220 млн. т отходов [7]. Доля твердых коммунальных отходов (ТКО) в общем объеме образованных отходов находится на уровне 1% (56 млн. т в 2015 г.) при этом на переработку направляется 8,9% от образованного объема по данным за 2016 г. [5]. Оставшаяся часть ТКО направляется на полигоны для захоронения. При этом процесс захоронения ТКО сопровождается негативным воздействием на окружающую среду и сопутствующими экологическими рисками. Однако ТКО обладают существенным потенциалом в части извлечения из их состава полезных материалов, пригодных для вторичного использования, и энергетическим потенциалом. Согласно документам стратегического планирования РФ необходимо увеличение доли переработки ТКО с внедрением

произведенного вторичного сырья в хозяйственный оборот [9]. Для обеспечения поставленных показателей, установленных этим документом, необходимо строительство новых комплексов по переработке ТКО. Одной из задач при строительстве таких комплексов является применение эффективных технологических решений для обеспечения экономически целесообразной переработки отходов в конкретных условиях. Для решения задачи необходимо установить мощность центра по переработке отходов, его основное технологическое оборудование, а также рассчитать эффективную загрузку. Для расчета этих показателей необходимо определить ряд начальных параметров, а именно: морфологический и химический состав ТКО, его физические свойства, источники и объем образованных отходов.

В настоящее время существует широкий набор методов для переработки отходов. Компостирование, сжигание и газификация являются наиболее распространенными методами. Используемые технологические решения в пределах области применения обеспечивают переработку отходов. Отходы с одинаковыми характеристиками могут быть использованы как для производства электроэнергии, так и для удобрения, при использовании различных технологических решений. В связи с этим эффективность применения различных технологий переработки может варьироваться в зависимости от местных условий и спроса на выпускаемую продукцию. Для эффективного планирования работы мусороперерабатывающих предприятий необходимо установить начальные параметры для выбора и разработки технологических линий, обеспечивающих переработку отходов. Основными начальными параметрами являются: объем образования отходов, источники образования отходов, морфологический состав, физические и химические свойства.

ТКО чрезвычайно нестабильны по своему составу и свойствам. Их морфологический состав – величина непостоянная и изменяется с течением времени [8]. На морфологический состав ТКО существенное влияние оказывают следующие факторы: климатическая зональность, сезонность, уровень жизни в конкретном регионе, особенности местного производства, особенности обращения с ТКО.

Морфологический состав значительно изменяется в зависимости от климатической зоны. В пределах последней одним из важных факторов является зависимость состава ТКО от времени года или влияние сезонности [2]. Этот факт вызван наличием территориальных особенностей в культуре потребления в различных климатических зонах, и сохраняется в ее пределах. Такие сезонные колебания необходимо учитывать при планировании объекта по переработке ТКО, так как этот показатель влияет на общую влажность отходов. Все сезонные изменения можно охарактеризовать как колебания в объеме пищевых отходов на 20-40% от минимального объема.

Под физическими свойствами ТКО следует понимать ряд характеристик, таких как: размер фракций, влажность, плотность и калорийность.

Размер фракций ТКО существенно влияет на механический и химический недожог отхода, а также определяет требования к качеству исходного сырья,

что может приводить к повышению расходов на собственные нужды комплексов по переработке ТКО. Так, например, переработка крупных фракций занимает длительное время или невозможна без уменьшения их размера. Уменьшение размера фракции позволяет сделать ТКО в первую очередь более однородными, что приводит к увеличению эффективности переработки, при уменьшении доли механического недожога, снижению вредных выбросов в окружающую среду и т.д. В свою очередь, размер фракций ТКО зависит от нескольких параметров таких как: наличие в конкретном регионе объектов, связанных с сортировкой отходов, климатической зоной, в которой находится объект, и времени года, в которое был осуществлен сбор ТКО от источников образования.

Исходное сырье (отходы) можно классифицировать по калорийности следующим образом, начиная с менее калорийных: иловые отложения (6000 кДж/кг), ТКО (8000 кДж/кг), сортированное ТКО (10000 кДж/кг), обезвоженное ТКО (12000 кДж/кг), RDF (14000 кДж/кг), лигниты (16000 кДж/кг). Такая градация обусловлена степенью подготовки исходного сырья перед его утилизацией. Для выбора оптимальной технологии переработки установлена зависимость технологии переработки от калорийности исходного сырья (рис. 1). Особенно важен этот фактор при применении технологий термической утилизации, так как калорийность топлива напрямую влияет на КПД установки.

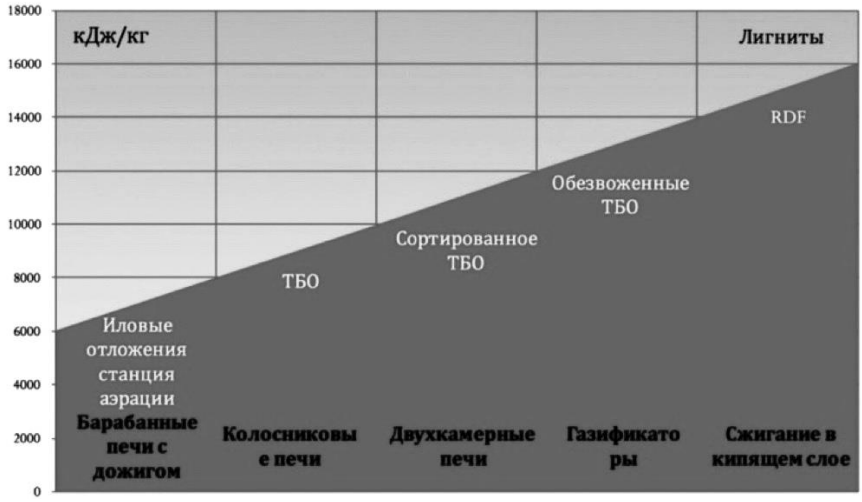


Рис.1. Связь технологии утилизации от калорийности отходов.

Влажность ТКО оказывает влияние на процессы, происходящие в технологическом оборудовании комплекса. Необходимо отметить, что в случае применения технологий термической обработки, влажность это негативный показатель, так как она препятствует и замедляет процессы

горения и термического разложения. А при биологическом разложении оказывает положительный эффект, так как способствует процессу брожения. Исходная влажность сырья определяется совокупностью воздействующих на ТКО параметров таких как: количество осадков, влажность воздуха, обустроенность территорий (наличие навесов над контейнерами сбора и др.), организация сбора отходов, климатическая зона, количество органических отходов, температура окружающей среды, транспортировка и хранение.

Плотность отходов – определяющая характеристика, поскольку сбор и транспортировка ТКО из мест их образования измеряется в объеме ($м^3$), а при утилизации и переработке – в массе (т), то есть учет производится в разных системных единицах. Поскольку ТКО по своей природе неоднородны и их изначальный состав имеет разные компоненты по плотности и габаритным размерам, то плотность отходов может сильно варьироваться. Основными факторами, влияющими на плотность отходов, является: морфологический состав, наличие объектов инфраструктуры, влажность, время года, климатическая зона и т.д. Так согласно данным работы [3] изменяется плотность отходов в зависимости от особенностей обращения:

- насыпная масса без уплотнения – 60-120 $кг/м^3$;
- уплотнение под собственным весом в контейнере – 180-220 $кг/м^3$;
- в мусоровозе, оборудованного уплотнителем – 300-420 $кг/м^3$;
- плотность измельченных бытовых отходов – 350-530 $кг/м^3$;
- прессование и пакетирование – 470-700 $кг/м^3$.

Однако стандартной величиной плотности отходов применяемой к расчетам считают 200 $кг/м^3$.

Для определения химического состава во всех случаях производят дополнительные исследования. Точный химический состав необходим только на этапе проведения работ по тонкой наладке оборудования в процессе режимно-наладочных испытаний для повышения эффективности комплекса переработки в целом. На предпроектной стадии достаточно наличия данных по морфологическому составу и примерным физическим свойствам.

Определение источников образования ТКО в каждом конкретном регионе, необходимо для определения производительности комплекса переработки, его степени загруженности, а также выявления маршрутов доставки отходов на объект утилизации. Источники образования отходов можно разделить на два основных вида: жилой фонд и отходы производств, в отдельную группу необходимо выделить накопившиеся отходы от существующих полигонов. При этом оценку объемов необходимо производить раздельно для каждого из источников, что обусловлено разным морфологическим составом.

При проектировании объектов по утилизации необходимо учитывать отходы, образованные не только в жилом фонде, но и промышленные отходы. Им следует уделять большее внимание, т.к. подобные предприятия обеспечивают равномерную и непрерывную загруженность перерабатывающего центра. Однако, во всех случаях предлагается проводить оценку доли, занимаемой отходами производств, от общей доли бытовых отходов.

Применительно к жилому фонду существует несколько способов выявить количество отходов на одного человека проживающего в зоне действия предполагаемого объекта. Метод состоит в том, чтобы управляющие компании или ТСЖ, которые отвечают за сбор и дальнейшую транспортировку отходов в соответствии с действующим законодательством, предоставили сведения о фактически вывезенных ТКО с вверенных им территорий за прошедший год. Следующим шагом будет аккумуляция этих сведений и выявление на их основании предполагаемого объема ТКО. Этот способ достаточно трудоемкий и требует больших временных затрат по накоплению статистических данных, в виду большого количества участников. Описанная схема расчетов применяется при составлении территориальной схемы конкретного субъекта РФ. Поскольку эти данные в определенной мере имеют коммерческий интерес, то их точность тоже может быть поставлена под сомнение, и они практически никогда не соответствуют действительности, но их возможно принять как минимальные.

Для проверки полученных результатов необходимо сравнить с данными из Территориальных схем, допустимое расхождение в полученных результатах приемлемо при разнице 10-15%. В случае, если результаты расходятся, то необходимо провести детальный анализ. Расхождение может происходить из-за разницы в уровне жизни внутри региона в разных муниципальных образованиях.

Методика оценки количества образования отходов производств по отраслевому признаку состоит в том, что для предприятий каждой отрасли промышленности определен свой норматив образования отходов. Для применения этой методики используется сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления [6], в котором указывается норма образования отходов, в том числе и ТКО. Эта же методика распространяется и на все типы административных зданий, при эксплуатации которых, тоже происходит образование ТКО. Необходимо отметить, что отношение ТКО, образованных на промышленных объектах, колеблется в пределах от 25-35% от общего объема ТКО, образованного в конкретном регионе.

Как отдельную подгруппу необходимо выделить существующие полигоны, на которых долгое время складировали отходы, подлежащие в соответствии с ФЗ-89 [4] утилизации, но при этом такие объекты нельзя классифицировать как источник образования отходов. Во всех случаях полигон следует рассматривать, как возможность выровнять поток ТКО на предприятие по переработке. Объем накопившихся отходов на полигонах можно установить, руководствуясь Территориальной схемой для каждого региона. Суммирование всех объемов образованных отходов от всех источников за период в один год можно получить общий средний объем образованных ТКО. В дальнейшем это позволит выявить необходимую мощность центра по переработке, его основное технологическое оборудование, а также рассчитать эффективную загрузку.

Таким образом, определены начальные условия для размещения строительной площадки комплексов по переработке ТКО. Установлены

необходимые параметры по составу и свойствам отходов на предпроектной стадии строительства. Установлены технологические параметры утилизации отходов при термической обработке в зависимости от калорийности исходного сырья. Проведен анализ существующих методик расчета объемов ТКО. Разработана комплексная методика оценки количества отходов производств и потребления, которая позволит установить необходимую мощность центра по переработке, его основное технологическое оборудование, а также рассчитать эффективную загрузку.

Литература

1. *Кашперюк П.И., Макеева Т.Г., Аканов А.В. и др.* Некоторые правовые и природоохранные вопросы формирования полигонов переработки и захоронения ТКО в Подмосковье // «Сергеевские чтения»: Вып. 20: Обращение с отходами: задачи геоэкологии и инженерной геологии. Мат-лы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (22 марта 2018 г). М.:РУДН, 2018. с.71-74.
2. *Малахов В.М., Грищенко А.Г., Дружинин С.В*. Инженерная экология Том 1: Новосибирск. Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 2012. Т. 1. 285 с.
3. Обоснования для сортировки и уплотнения отходов по месту сбора АГС-Комплекс [электронный ресурс] URL: http://www.musorunet.ru/plotnost_othodov.php (Дата обращения: 05.11.18).
4. «Об отходах производства и потребления» Федеральный закон от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ (ред. от 29.07.2018) (с изм. и доп., вступ. В силу с 01.01.2019)[электронный ресурс] URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109 (Дата обращения: 10.10.2018).
5. Охрана окружающей среды в России. 2016: Стат. сб./Росстат. 2016. − 95 с. [электронный ресурс] 2018, URL: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2016/ohrana_2016.pdf (Дата обращения: 05.11.18).
6. Сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления от 07 марта 1999 г. [электронный ресурс] URL: http://www.gosthelp.ru/text/Sbornikudelnyxpokazatelej.html (Дата обращения: 10.10.2018).
7. Сведения об образовании, использовании, обезвреживании, транспортировании и размещении отходов производства и потребления по форме 2-ТП (отходы), систематизированные по федеральным округам Российской Федерации за год. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования// [электронный ресурс] 2018, URL: http://rpn.gov.ru/opendata/7703381225-rpnstatf2tpFO (Дата обращения: 05.11.18)
8. *Соломин И.А., Афанасьева В.И.* Состав и свойства твердых коммунальных отходов, учитываемые при выборе технических методов обращения с отходами // Журнал Природообустройство – 2017.- № 3. – с.82-90.
9. Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года от 25 января 2018 г. № 84-р [электронный ресурс] URL: http://static.government.ru/media/files/y8PMkQGZLfbY7jhn6QMruaKoferAowzJ.pdf (Дата обращения: 06.11.18).

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГРАВИТАЦИОННОГО СПОСОБА ОЧИСТКИ БОЛЬШИХ ОБЪЕМОВ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ГЛИНИСТЫХ ВЗВЕСЕЙ (НА ПРИМЕРЕ ОПЫТА ЭКСПЛУАТАЦИИ СООРУЖЕНИЙ ПО ОЧИСТКЕ КАРЬЕРНЫХ И ОТВАЛЬНЫХ ВОД ЛОМОНОСОВСКОГО ГОКА)

Ф.Г. Атрощенко

ООО «ГЕОСТРОЙПРОЕКТ», 199106, г.Санкт-Петербург, 22 линия В.О, д.3, к.3, лит.5.
E-mail: fatroschenko@mail.ru

Отработка южной группы трубок месторождения им.Ломоносова постоянно сопровождается накапливанием на поверхности больших объемов пресных вод карьерных водоотливов и отвалов, содержащих повышенные концентрации взвесей, которые после предварительной водоподготовки на участке водоотведения Ломоносовского ГОКа (УВО ЛГОКа) должны идти на восполнение стока р.Золотицы.

В настоящее время при разработке южной группы трубокместорождения им. М.В. Ломоносова для очистки карьерных и отвальных вод от взвешенных веществ (ВВ) в пределах УВО ЛГОКа применяется гравитационный способ, осуществляемый при использовании системы отстойников. В частности, в состав УВО ЛГОКа входят: 1) водосборники карьеров и отвалов; 2) бетонные отстойники при ПНС-0 и ПНС-1; 3) 3-х секционный осадконакопитель, расположенный в 3,0 км от ПНС1 и 1,5 км от водоприемника, р.Золотицы; 4) отсек первичного отстаивания вод от глинистых взвесей (№1); 5) отсек вторичного отстаивания вод (№2), емкостью до 26 тыс. $м^3$ и 6) зона свободного разлива очищенных карьерных и отвальных вод, лежащая между фильтрующей дамбой отсека №2 и р.Золотицей (рис. 1).

Болотный массив, расположенный в междуречье рек Золотицы и Светлой, на расстоянии 2,3 км вверх по течению от их слияния, относится к болотам олиготрофного типа развития и его водное питание в естественных условиях происходило только за счет выпадающих твердых и жидких атмосферных осадков [2]. И лишь в отдельных случаях до начала эксплуатации системы осушения карьеров трубок Архангельской и им.Карпинского-1 на переуглубленных участках подпитка шла через гидрогеологические «окна» за счет вод глубоких горизонтов, а на окраинах болотного массива – поверхностного стока талых вод с окружающих суходолов. Гидрогеологические «окна» в пределах болотного массива связаны с развитием процессов карстообразования в олмуго-окуневских карбонатных отложениях (позднее размытых), выраженных в настоящее время наличием остаточных карстовых озер и воронок, имеющих гидравлическую связь с подстилающим болотный массив урзугским водоносным горизонтом, по

которому избыточные болотные и сбросные воды частично разгружаются, как в р.Золотицу, так и систему осушения горных выработок (рис. 2, 3).

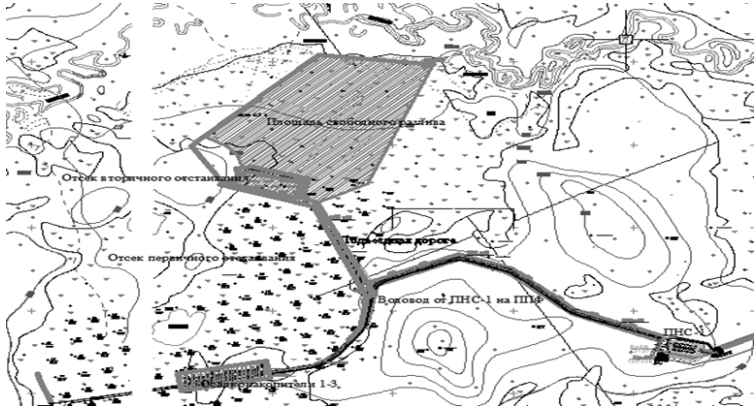


Рис.1. Схема расположения основных элементов участка очистки карьерных и отвальных вод УВО ЛГОКа.



Рис.2. Типовое карстовое озерцо, развитое в пределах болотного массива.



Рис.3. Карстовая воронка на западной границе свободного растекания сбросных вод.

Водосборники карьеров и отвалов, при сборе в них откачиваемых карьерных и отвальных вод, а также бетонные отстойники при ПНС-0 и ПНС-1 служат, в первую очередь, для осаждения взвешенных крупно- и мелкозернистых песчаных частиц. Основными же элементами системы предварительной водоподготовки являются остальные отстойники, специально размещенные в пределах болотного массива с целью использования фильтрующих и сорбционных свойств болотных образований для осаждения глинистых ВВ. Отметим, что 3-х секционный осадконакопитель, расположенный вдоль рассредоточенного сброса карьерных и отвальных вод на болотный массив, используется и для выемки осажденных ВВ и вывоза в места складирования без остановки эксплуатации системы водоотведения.

Мощность торфяной залежи изменяется в широких пределах от 0,4 м на окраинах до 5,7 м в центральных частях болота. Подстилают торф пески пылеватые, мелкие, редко средней крупности озерно-аллювиальных отложений. Ниже залегают среднекаменноугольные отложения урзугской свиты.

Химический анализ торфов и водных вытяжек из них также показал близкие значения кларковых содержаний элементов с торфами опытного болотного массива. Верхние горизонты обычно представлены мхами и торфами слабой степени разложения, нижние – более хорошо разложившимися торфами [1]. В поверхностных горизонтах содержания K, Ni, Mn, Tl, Rb, Cd, Li, Sn, Zn, Cr, Na, Cs, Cu, Mg, Pb и Ca в среднем выше, чем в нижележащих. Для нижних горизонтов, напротив, наиболее характерно относительное повышение содержаний Rb, Fe, Ba, Al, Ti и Si, т.е. элементов, отличающихся, как правило, низкой миграционной способностью в зоне гипергенеза, а также повышение зольности.

Для подвижных элементов (K, Mn и др.) отмечается некоторое понижение содержаний с глубиной, а для малоподвижных (Si, Ti и др.) – неустойчиво выраженное повышение содержаний с глубиной.

Содержания Cu, Zn, Ni в среднем ниже, чем в водотоках, но укладываются в диапазон изменения содержаний, характерный для различных горизонтов подземных вод. Напротив, содержания Fe, Mn, Ti в болотных водах повышены по сравнению с водотоками.

Таким образом, по результатам проведенных исследований на болотном массиве, используемом для строительства отстойников УВО ЛГОКа можно констатировать следующее:

1. Болотный массив представлен преимущественно грядово-мочажинным комплексами, которые характеризуются наличием на всей площади болота мелких и крупных западин и карстовых озер и воронок. Данное обстоятельство создает хорошие условия для формирования обширной сети небольших по площади застойных зон, что способствует лучшей очистке сточных вод от взвесей.

2. Предусмотренная схема водоотведения, с учетом проектируемого отстойника в зоне свободного разлива вод, дает уверенность в том, что концентрация ВВ в водах, сбрасываемых в последовательно расположенные

на болотной поверхности осадконакопители и отсеки отстаивания глинистых взвесей, будет снижаться с начальных значений до предельно допустимых на участке перед стоком в р.Золотицу.

Фильтрационные, миграционные и физико-химические характеристики болотных образований и подстилающих их отложений были изучены в период проведения опытно-эксплуатационных экспериментов (1995-1997 гг. и 2003-2008 гг.) на болотном массиве олиготрофного типа, являющегося аналогом массива, используемого для водоотведения карьерных и отвальных вод ЛГОКа.

В частности, по данным исследований разрез болотных образований в фильтрационном отношении представляется следующим образом:

- верхний слой, образованный мхом и его корневой системой, обладает весьма высокой проницаемостью ($К_ф$=400 м/сут.);

- средняя часть разреза, сложенная переслаивающейся пачкой слаборазложившегося мха и торфа, в горизонтальном направлении имеет $К_ф$ порядка 4.8 м/сут. (Т=1,5-2,1 м/сут.), а в вертикальном – $К_ф$=0.1-0.2 м/сут.;

- приподошвенный слой торфа имеет коэффициент фильтрации порядка сотых долей м/сут. как по, так и вкрест слоистости;

- залегающий под торфом глеевый горизонт мелкозернистых глинистых песков характеризуется колебанием проводимости в пределах 0,6-1,5 $м^2$/сут. ($К_ф$=1-2 м/сут.).

При проведении гидрогеологических обследований, используемого ныне участка водоподготовки карьерных и отвальных вод ГОКа, проводимых в период с 2010 г. по настоящее время, подтвердились выводы, полученные при опытно-промышленных экспериментах, выполненных на болотном массиве в 1995-1997 гг. и 2003-2009 гг., а именно:

1. Химический состав вод в пределах сформировавшихся потоков по всей площади болотного массива практически полностью совпадает с составом карьерных и отвальных вод.

2. Существенное снижение концентрации ВВ на выходе из отсеков №1 и №2 связано с тем, что скорости фильтрации сбросных вод в пределах данных отсеков снизились в 1,5 раза, так как часть сбросных вод стала фильтроваться через их ложе в осушенные слои урзугских песчаников и в хорошо проницаемый слой слаборазложившегося торфа и очеса, слагающих основание фильтрующих дамб отсеков №1 и №2.

3. Потери расхода сбросных вод на восполнение осушаемого урзугского водоносного горизонта и горизонтальную фильтрацию в верхнем слое слаборазложившегося торфа и очеса, по данным прямых замеров составили от 200 до 400 $м^3$/ч.

4. Следовательно, обобщенный коэффициент вертикальной фильтрации через ложе отсеков №1 и №2 составил 0,015-0,03 м/сут., что фактически совпадает с данными ОФО на опытном болотном массиве в 1995-2009 гг.

5. Под действием влияния фильтрационных потоков вглубь болотного массива и в горизонтальных направлениях концентрация взвешенных веществ в карьерных водах по данным наблюдений, проводимых в ПНО «Севералмаз» с 2009 г., на сбросе изотсека №2 снижается более чем в 9 раз.

Прогнозные оценки эффективности эксплуатации проектируемых сооружений по очистке карьерных и отвальных вод Ломоносовского ГОКа основаны на данных фактических наблюдений за колебаниями содержаний ВВ в сбрасываемых карьерных и отвальных водах непосредственно в отсек первичного отстаивания ВВ №1 и на сбросе их из отсека вторичного отстаивания ВВ №2 в зону свободного разлива за период с момента начала их эксплуатации до настоящего времени (табл. 1).

Таблица 1

Содержание осредненных значений взвешенных веществ в контрольных точках с апреля 2015 года по июнь 2018 года

Год	месяц	Среднее содержание ВВ в карьерных и отвальных водах, мг/л		Коэфф. задержки
		При сбросе в отсек №1	На выходе из отсека №2	
2015	Апрель	770	375	2,0
	Май	739	201,0	3,5
	Июнь	1576,1	70,7	22,3
	Июль	556,8	46,2	12,1
	Август	2411,3	189,8	12,7
	Сентябрь	593,0	45,7	12,9
	Октябрь	493,0	64,0	7,7
	Декабрь	252,4	26,6	9,4
2016	Январь	754,7	20,1	37,7
	Февраль	1976,6	50,6	38,8
	Март	745,1	57,1	13,1
	Апрель	1571,4	201,0	7,8
	Май	635	76	8,4
	Июнь	807	47	17,2
	Июль	622	47.6	13,1
	Август	1402	87	16,1
	Сентябрь-декабрь	502	58	8,7
2017	Январь-май	503	55	9,1
	Июнь-декабрь	654	65	10,1
2018	Январь	642	37	3,2
	Февраль	135	42	5,5
	Март	127	23	8,6
	Апрель	1415,6	164,8	3,1
	Май	750,8	245,5	7,3
	Июнь	696,7	95,3	9,0
Среднее		839	87	9,6

В соответствии с представленными табличными данными при средневзвешенной концентрации ВВ в сточных водах (839 мг/л) в отсеках №1 и №2 за период их функционирования (с марта 2015 г. по 31 декабря 2017 г.) при среднегодовых расходах сброса сточных водосаждено порядка 49 тыс. т. ВВ:

$$1500\ м^3/ч \times 24 \times 1036\ сут. \times 0{,}839\ кг/м^3 = 48617\ т$$

А за период с 2010 г. по февраль 2015 г. (поток растекался в пределах будущих отсеков на площади немногим более 100000 м^2) при осаждении ВВ в пределах грядово-мочажинного ландшафта болотного массива и очеса (суммарная средняя мощность 1,2 м и пористость 0,6-0,7) отложилось порядка 101-118 тыс. т ВВ, при плотности их сложения 1,4 т/м^3.

Таким образом, в настоящее время в пределах отсеков первичного и вторичного отстаивания глинистых ВВ, высота осадка не превышает 30-35 см.

Необходимо отметить, что при небольшой расчетной мощности осадка ВВ значительного уплотнения его во взвешенном состоянии не наблюдается, поэтому фильтрационные свойства торфяной залежи будут оставаться на уровне, наблюдаемом в естественных условиях.

При поднятии уровня воды в отсеке №1 до отметки +113,5 м, площадь отсека №1, увеличится, примерно, до 600 тыс. м^2. Отсюда следует, что при коэффициенте фильтрации через ложе отсеков №1 и №2 порядка 0,02 м/сут., расход через него в нижние слои составит более 500 м^3/ч, т.е. скорость потока сбросных вод по переливным трубам в емкость отсека осветленных вод №3 снизится в 1,5 раза (до 1000 м^3/ч). Одновременно за счет увеличения потерь сбросных вод на инфильтрацию коэффициент задержки увеличится в 1,7 раза, т.е. не менее чем до 15. А значит, в отсек осветленных вод через шандорные колодцы будут поступать воды с содержанием ВВ не более 7 мг/л.

Следовательно, за время отработки трубок Архангельской и им.Карпинского-1 до 2030 г. включительно, в отсеках №1 и №2 будет накоплено не более 144 тыс. т.

$$13140000 \text{ м}^3/\text{год} \times 0{,}839 \text{ кг/ м}^3 = 11024 \text{ т/год} \times 13 \text{ лет} = 143318 \text{ т}$$

В результате в пределах отсеков №1 и №2 при поднятии уровня до отм. +113,5 м будет уложен слой осадка ВВ (суммарно с ранее здесь накопленным) не превышающий 90 см при средней плотности сложения 1,2 т/м^3.В это же время в пределах отсека №3 будет накоплено не более 15 тысяч т, а с учетом осажденного за период 2010-2017 гг. – 66017 т не более 81 тысячи т.

$$313140000 \text{ м}^3/\text{год} \times 0{,}1 \text{ кг/м}^3 = 1314 \text{ т/год} \times 13 \text{ лет} = 17082 \text{ т}$$

В отсеке осветленных вод №3 будет накоплен слой осадка ВВ мощностью менее 30 см при средней плотности сложения 1.2 т/м^3.

Литература

1. *Наумова Л.Б., Горленко Н.П., Казарин А.И.* Обменные катионы и их влияние на гидрофильность торфа - Химия растительного сырья. 2003. №3. с. 51–56.

2. Материалы наблюдений болотных станций за 1960-1985 гг., вып. 1, Л., 1961-1986, - 500с. в каждом томе.

КОМПЛЕКСНЫЕ «ЗЕЛЕНЫЕ» ТЕХНОЛОГИИ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

[1]А.Е. Воробьев, [2] Бол Чом Джуадж, [3] К.А. Воробьев

[1]Атырауский университет нефти и газа, 720030, Атырау (Республика Казахстан), Азаттык просп, 1. E-mail: fogel_al@mail.ru
[2]Посольство республики Южный Судан в РФ, 119180, Москва, 1-й Хвостов пер., 12/1.
[3]Российский университет дружбы народов, 115419, Москва, Орджоникидзе ул., 3.
E-mail: k.vorobyev98@mail.ru

Республика Казахстан входит в клуб нефтедобывающих стран мира: так, по данным BP Statistical Review of World Energy Казахстан находится на 9 месте в мире по подтвержденным запасам нефти, а по ее добыче - 15-е место в мировом рейтинге стран. В результате в 2016 г. в Казахстане было добыто 78 млн. т нефти, а в 2017 г. - 86,2 млн. т. При этом необходимо отметить, что нефтяная промышленность имеет значительное водопотребление: так с 1 тонной нефти в среднем добывается 3 т воды (содержащих в себе различные нефтепродукты, т.е. являющихся замазученными), что предполагает особую значимость очистки сточных вод от предприятий нефтегазовой отрасли.

Самыми распространенными загрязнителями замазученных сточных вод (по данным ЮНЕСКО) являются различные группы нефтепродуктов - углеводороды, мазут, керосин, масла и различные их примеси.

В настоящее время существует несколько методов доочистки сточных вод нефтяной промышленности.

Механическая очистка применяется для выделения из сточных вод различных примесей и взвесей на основе отстаивания, процеживания или фильтрования. Взвешенные вещества минерального происхождения (песок, глина, шлак и др.) удаляют путем осаждения (65-85 %) в гидротехнических сооружениях типа песколовок. Нефтепродукты, смолы, масла, жиры и другие всплывающие вещества удаляют с помощью жиро-масло-нефтеловушек. Удаление мелкой суспензии производят путем процеживания или фильтрования в оборудовании, содержащем тканевую сетку или слой зернистого материала.

Химический метод доочистки от нефти заключается в том, что в замазученную воду добавляют различные химические реагенты, которые вступают в реакцию с нефтью и осаждают её в виде нерастворимых осадков. Химической очисткой достигается уменьшение нерастворимых примесей до 95%, а растворимых - до 25% [2, 3].

При физико-химических методах доочистки стоков от нефти из них удаляются тонко дисперсные и растворенные примеси и разрушаются органические и плохо окисляемые соединения нефти. На практике чаще всего из физико-химических методов доочистки применяется окисление, адсорбция, коагуляция, экстракция и т.д.

Технология заключается в основном либо в создании с помощью поверхностно-активных веществ и эмульгаторов на поверхности нефтяного пятна водонефтяных эмульсий, либо в поглощении нефти различного типа адсорбентами (например, алюмосиликатными микросферами или оксидом алюминия и последующим выжиганием нефти из пор сорбента). Необходимо отметить, что адсорбционная способность алюмосиликатов составляет 800 мг/г (470 мг/см^3) нефти [2]. Степень очистки воды от нефти этим методом достигает значения не менее 98%, но его эффективность лимитируется величиной площади нефтяного заражения.

Необходимо отметить, что подобными методами очистить сточные воды полностью, на 100% не только технически невозможно, но и экономически нецелесообразно [1, 4, 5]. После определённой границы затраты на каждый дополнительный процент очищения возрастают по экспоненте. Поэтому обычно поступают так – известными механическими и физико-химическими методами очищают сточную воду до определённой экономически обоснованной границы, а затем осуществляют ее доочистку в биопрудах.

Это обусловлено тем, что решение проблемы доочистки сточных вод и доведения их до экологически приемлемых показателей возможно на основе использования биоинженерных систем, позволяющих вовлекать загрязняющие вещества в биогеохимический цикл, представляя дополнительный и возобновляемый источник энергии и пластического материала для ряда живых организмов [8]. При этом нефтепродукты разлагаются до безвредных для биоты компонентов: углекислого газа и воды.

По литературным данным (Бондаренко В.В., 2000, 2001; Верещагина И.Ю., 2004; Винберг Г.Г., 1966; Диренко А.А., 2006; 1978; Магмедов В.Г., 1984, Матвеев В.И., 1997; 1986, 1988; Кравец В.В., 1999; Курцевич Е.П., 2001; Савельева Л.С., 2000; Скирдов И.В., 1999; Чистяков Н.Е., 1992; Samkaram Unni K., 1990; Seidel K.) довольно эффективным биологическим методом удаления токсичных элементов является использование высших водных растений (ВВР).

Биологические методы очистки замазученных стоков в специальных водоемах с помощью высших водных растений хорошо себя зарекомендовали, как наиболее экологически и экономически выгодные, благодаря простоте применяемой технологии и низким эксплуатационным расходам [2]. Они применяются для доочистки сточных вод от предприятий нефтеперерабатывающей промышленности, окончательно формируя высокое качество очищаемой воды.

Высшие водные растения позволяют достичь высокой эффективности очистки стоков, загрязненных органическими и биогенными веществами, за счет [7]: 1) улучшения седиментации взвесей; 2) увеличения буферности системы; 3) повышения утилизации химических элементов - загрязнителей; 4) ускорения развития биоценозов.

Роль прибрежно-водных растений в очистке сточных вод в общем виде можно свести к следующему [6]: механическая очистительная функция, когда в зарослях водных растений задерживаются взвешенные и слаборастворимые органические вещества; минерализация и окислительная функция;

детоксикация органических загрязнителей. Они усваивают и перерабатывают различные вещества (в том числе - фенолы), способствуя осаждению взвешенных и органических веществ, насыщают воду кислородом и создают благоприятные условия для нереста рыб и нагула молоди.

При очистке сточных вод чаще всего используют такие виды высших водных растений, как камыш, тростник озерный, рогоз узколистый и широколистый, азолла каролинская, рдест гребенчатый и курчавый, рдест стеблеобъемлющий, валлиснерия спиральная, спироделла многокоренная, пистия телорезовидная, элодея канадская, водный гиацинт (эйхорния), ежеголовник, касатик желтый, арундо, которое еще называют гигантским тростником (стебли достигают шестиметровой высоты), сусак, стрелолист обычный, резуха морская, гречиха земноводная, хара, манник, уруть мутовчатая, ирис и др. [2, 4, 5]. На территории с тропическим климатом в биопруды дополнительно высаживается тропическое многолетнее вечнозеленое болотное растение циперус очереднолистный (*Cyperus alternifollus Z.*).

При этом по периметру биопруда целесообразно высаживать сухопутные растения (мезофиты) [9]: тополь черный *Populus nigral*, зебрину висячию *Zebrina pendula Schil*, гибискус китайский *Hibiscus zosa sinensis* L, руэлию прекрасную *Ruellia formosa Andr*., махорку *Nicotiana rustica L*., гинуру золотую *Gynura aurantica*, фикус вишнелистный *Ficus cerasufillum L*., пейрескию комочную *Peireskia aculeata Mill* и др. При чем в зависимости от вида растения количество сырой массы корней должно составлять 3,3-18 кг/м^3 обрабатываемой воды

Чем шире видовой состав растений в очистительном водоёме, тем эффективнее происходит очистка сточных вод.

В частности, на колоссальной поверхности корневой системы эйхорнии осаждаются взвеси, содержащиеся в замазученной воде. В результате с огромной скоростью перерабатываются различные органические загрязнители, т.е. фактически, чем грязнее стоки, тем лучше чувствуют себя растения [2].

Камыш имеет высокие адаптивные свойства и способен произрастать в очень загрязненных промышленными сточными водами водоемах. При этом он способен удалять из замазученной воды ряд органических соединений (в том числе - фенолы, нафтолы, анилины и прочие органические вещества) [2]. Так, только лишь одно растение камыша массой 100 г способно извлечь из сточных вод до 4 мг фенола. Помимо фенола поглощаются и его производные (ксилол, пирокатехин, резорцин и др.). 300 г биомассы камыша полностью очищают 5 литров воды от фенола при его концентрации 10 мг/л за 4 дня, 40 мг/л - за 12 дней, 100 мг/л - за 29 дней [6].

Водный гиацинт является наилучшим природным биофильтром водоёмов: он освобождает воду от вредных веществ и излишней органики, поглощая их.

Высшие водные растения в процессе фотосинтеза насыщают сточную замазученную воду кислородом, а также затеняют ее нижележащие слои, создавая неблагоприятные условия для жизнедеятельности синезеленых водорослей и образования первичной продукции фитопланктона. При этом

заметно изменяется химический состав и физические свойства сточных вод: снижается окисляемость, отсутствуют все формы азота, значительно уменьшается содержание фосфатов, появляется растворенный кислород. Сточная вода после культивирования на ней высших водных растений становится прозрачной и без запаха.

Кроме этого, в процессе метаболизма высшие водные растения выделяют в водную среду физиологически активные вещества (типа фитонцидов и антибиотиков), а это приводит к снижению численности патогенной микрофлоры. К тому же массовые представители высшей водной растительности, в частности, камыш, тростник, рогоз, роголистник, рдесты, элодея, уруть, водная гречиха и т.д., создают биобарьер против промышленных загрязнений еще и благодаря тому, что на них формируется обильное обрастание (так называемый перифитон), способствующее процессам биологического самоочищения загрязненных вод. Благодаря активному влиянию водных растений в несколько раз ускоряется разрушение нефти бактериями. В результате, наличие высших водных растений позволяет весьма эффективно очищать замазученные стоки, о чем свидетельствуют данные анализов очищенной воды, полученные на выходе из биологических прудов-очистителей.

К основным типам очистительных сооружений с высшей водной растительностью относятся: ботанические площадки (Магмедов В.Г., 1988); фитофильтрационные устройства (Асонов А.М., 2000); биологические пруды (Кравец В.В., 1999; Скирдов И.В., 1999); искусственные заболоченные участки; биоплато (Савельева Л.С., 2000; Верещагина И.Ю., 2004); биоинженерные сооружения (Эйнор Л.О., 1990; Бондаренко В.В., 2000; Гмызина Н.Б., 2003).

Прудовые биосистемы, как правило, устраиваются после сооружений механической очистки сточных вод. Биопруды обычно располагают по рельефу таким образом, чтобы очищаемая вода перетекала из одной серии прудов в другую самотеком. Биопруды устраивают глубиной около 1 м. При этом гидродинамика очистительных биопрудов должна обеспечить безрусловое течение сточных вод.

Наиболее эффективной является 3-х ступенчатая очистка замазученных сточных вод по схеме размещения [12]: камыш – рогоз - тростник. Наиболее оптимальный цикл очистки – 6-ти суточный, при котором снятие органических загрязнений составляет 88% (от исходной величины загрязненности стока).

Заселение биологических прудов прибрежной и погруженной водной растительностью сократит время доочистки стоков в 2,5-5 раз, эффект доочистки от нефтяных загрязнений составит 95-98%, а снижение общей минерализации - на 25%.

В присутствии высших растений нефтяная пленка концентрацией 1 г/л исчезает всего за 5-10 дней, тогда как без них на это требуется около 1 месяца. Элодея способна подвергать деструкции нефть в существенных концентрациях: 39,2% за 10 сут. (от исходной концентрации 0,5 г/л).

Особенно активно разрушается парафино-нафтеновая фракция и ПАУ [14]. Это растение также способно окислять фенол, толуол, бензол и нафталин.

Площадь, занимаемую высшей водной растительностью (при плотности посадки 150-200 растений на 1 $м^2$), определяется по нагрузке, составляющей 10000 $м^3$/сут на 1 га. Высшая водная растительность, кроме очистительной функции, обеспечивает повышенную транспирацию (испарение) очищаемой жидкости в летний период примерно на 10-15 % [1]. Азолла каролинская имеет сравнительно высокий суточный прирост биомассы (40,2 г/сут.) [13]. Необходимо отметить, что такие растения как тростник, рогоз узколистный и камыш озерный, в подобных условиях даже лучше растут - становятся на 10-15 сантиметров выше.

При этом сырая нефть в концентрации до 10 г/л оказывает комбинированное воздействие на элодею [14]: сначала стимулируя ее рост, а затем приводя к хлорозу и лизису тканей. Более токсичной оказалась водорастворимая фракция нефти: при ее содержании в воде 17 мг/л элодея погибала в течение 20 сут. Молодые побеги были более устойчивы к токсическому воздействию этой фракции.

Образуемая биомасса может непосредственно сжигаться в печах и других устройствах для генерирования тепловой энергии, чаще всего - в жилом секторе, а также в коммерческой и промышленной сфере, но более эффективнее - для переработки с получением биогаза или биодизеля.

В настоящее время в мире существует значительное число способов превращения биомассы в коммерческую возобновляемую энергию. В частности, различные бытовые и промышленные отходы, выращиваемые для энергетических нужд сельскохозяйственные культуры, другие типы подходящего органосодержащего сырья могут быть использованы фактически напрямую в качестве топлива для производства тепловой энергии или генерации электричества, а также преобразованы в газообразные или жидкие виды топлива (метанол, этанол, биодизель и др.).

Для начала необходимо собрать растительную массу. Наиболее эффективное применение биомассы высшей водной растительности очистительных прудов – это переработка на биогаз. Дальнейшее развитие исследований находится в плоскости поиска технологических режимов, катализаторов и повышения селективности превращений различной органики в товарную продукцию, позволяющих существенно снизить затраты энергии этого процесса.

В настоящее время известно несколько десятков микроорганизмов, которые разлагают сложные органические вещества на простые жирные кислоты, и свыше десятка, перерабатывающих эти кислоты в метан и CO_2. На первом этапе процесса происходит температурное воздействие на влажную биомассу. Разложившаяся субстанция, в свою очередь, расщепляется до состояния органических кислот, слабых алкоголей, водорода, аммиака, аммиачной воды, диоксида углерода и сероводородной кислоты.

Следующий шаг – преобразование полученной субстанции с помощью анаэробных микроорганизмов в уксусную и муравьиную кислоты. Далее происходит процесс расщепления бактериями кислоты с образованием

метана и воды. Одновременно диоксид углерода восстанавливает чистый водород до метана.

При этом биотопливо третьего поколения производят из водорослей бимопарудов. Но наиболее перспективным представляется одновременная утилизация CO_2 и получения пресной воды.

Литература

1. Биологическая очистка сточных вод // http://neparsya.net/referat/ecology/2.
2. Биоплато. Очистка воды с помощью водной растительности // https://remont.ru-best.com/remont-kvartir/bioplato-ochistka-vody-s-pomoshchyu-vodnoy-rastitelnosti.
3. *Воробьев А.Е., Киприянов Н.А.* Химия нефтей и газа. – М.: РУДН, 2006. – 163 с.
4. *Воробьев А.Е., Пучков Л.А.* Человек и биосфера: глобальное изменение климата. Ч. I. – М.: РУДН, 2006. – 442 с.
5. *Воробьев А.Е., Пучков Л.А.* Человек и биосфера: глобальное изменение климата. Ч. II. – М.: РУДН, 2006. – 468 с.
6. Высшие водные растения в системе биологической доочистки сточных вод // https://articlekz.com/article/12556.
7. *Галяс А.В.* Высшие водные растения в системах биологической очистки сточных вод // Молодежь. Наука. Производство: Материалы межвузовской научной конференции студентов и аспирантов, 2-4 марта 2009 года. – Курск, 2009. – С. 50—51.
8. *Гмызина Н.Б.* Защита водных объектов от загрязнения нефтепродуктами с помощью биоинженерных систем // Диссертация. Екатеринбург. 2003. 165 с.
9. *Золотухин И.А., Балахонова Е.А.* Способ биологической очистки сточных вод // Патент РФ N 2061663. 1996.
10. *Оспанова Ж.Х.* Роль растений гидробионтов в очистке сточных вод // Диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности 6D060800 – «Экология». Республика Казахстан. Астана, 2011.
11. *Пучков Л.А., Воробьев А.Е.* Человек и биосфера: вхождение в техносферу. – М.: МГГУ, 2000. – 342 с.
12. Развитие технологий очистки сточных вод с помощью высших водных растений // http://www.pandia.ru/text/77/460/3768.php.
13. *Раимбеков К.Т.* Биологическая очистка сточных вод животноводческих комплексов с использованием высших водных растений // Universum: Химия и биология: электрон. научн. журн. 2017. № 3(33). URL: http://7universum.com/ru/nature/archive/item/4456 (дата обращения: 28.07.2018).
14. *Тумайкина Ю.А*. Исследование водной растительно-микробной ассоциации в условиях нефтяного загрязнения // Диссертация. Саратов. 2005. 190 с.
15. https://msd.com.ua/gidrotexnicheskie-sooruzheniya/meropriyatiya-po-ochistke-stochnyx-vod-xozyajstvenno-bytovoj-kanalizacii.

СТОЧНЫЕ ВОДЫ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И МЕТОДЫ ИХ ОЧИСТКИ

В.Ю. Голуб, Н.А. Бисярин

НИТУ «МИСиС», 119049, г.Москва, Ленинский проспект, д.4. E-mail: vgolub96@mail.ru

В современном мире предприятия горнодобывающей промышленности являются одним из основных источников загрязнения гидросферы. Некачественная очистка воды перед сбросом в водные объекты и ее повторное использование приводит к истощению природных ресурсов и негативному влиянию на здоровье и жизнь людей и животных. В связи с этим в последнее время все более актуальными становятся вопросы охраны окружающей среды.

Проблему очистки сточных вод наиболее эффективно решать на этапе проектирования очистных оборудований. При этом необходимо заранее установить характер загрязнений и рассмотреть существующие методы очистки сточных вод.

Так как сточные воды имеют сложный состав, то процесс оценивания содержания загрязняющих веществ довольно трудоемкий. Поэтому при проведении анализа воды на содержание опасных веществ специалисты проводят физико-химические и санитарно-биологические тесты, в которых производится оценка следующих показателей:

- температура, запах, цвет, прозрачность;
- уровень кислотности (pH), сухой остаток, содержание взвешенных веществ;
- химическая потребность в кислороде, биохимическая потребности в кислороде, содержание азотных соединений, фосфатов, сульфидов, хлоридов;
- присутствие тяжелых металлов, радиоактивных и токсических веществ;
- содержание поверхностно-активных веществ, нефтепродуктов, растворенного кислорода;
- определение микробного числа, присутствия бактерий группы кишечных палочек, яиц гельминтов [2].

Очистные сооружения, предназначенные для очистки сточных вод, образующихся на территориях предприятий горной промышленности в результате мойки оборудования и технологических процессов, представляют собой сложные непрерывно работающие инженерные конструкции, к которым имеется ряд требований: качество очистки, производительность и надежность эксплуатации. В связи с этим очистные сооружения могут сильно отличаться.

Различают следующие методы очистки сточных вод: механические методы; очищение физико-химического характера; химические методы; биологические меры [1].

Механическая очистка предназначена для удаления из сточных вод крупнодисперсных загрязняющих веществ [5]. Данный метод включает в

себя три способа очистки сточных вод, в результате которых из воды удаляются все твердые примеси: отстаивание; фильтрация; флотация.

В зависимости от размеров частиц применяют отстойники, решетки, сита, нефтеловушки и песколовки [6].

Грамотно применяя данный метод можно добиться максимального удаления твердых частиц и волокон. Однако в качестве автономной системы такие сооружения не подходят, поскольку степень очищения от органических, минеральных и химических примесей чрезвычайно низкая (35%) [3].

Физико-химическая очистка сточных вод позволяет удалить из воды до 75% мелкодисперсных, неорганических и органических растворенных веществ путем окисления, сорбции, коагуляции, флокуляции, ионообменного метода, электролиза, экстракции и электрокоагуляции [5].

Данный метод очистки обладает рядом преимуществ: позволяет удалять из воды токсичные и биологически неокисляемые примеси; высокая степень очистки; стабильность; небольшие габариты очистных сооружений; низкая чувствительность к изменяемым нагрузкам.

Имеется также ряд недостатков, которые препятствуют их широкому распространению: высокие эксплуатационные затраты; необходимость частых выводов из действия для очистки устройств; сложность системы управления и контроля за работой; необходимость усиленной вентиляции; токсичность химических реагентов; интенсивная коррозия металла оборудования из-за работы в агрессивных средах [4].

Наиболее популярным способом очистки является электролиз. С его помощью органические вещества, содержащиеся в воде, разрушаются, а из неорганических веществ извлекают металлы и кислоты.

При использовании химического метода в сточную воду добавляют специальные химические реагенты. Эти вещества вступают в реакцию с веществами-загрязнителями с образованием нерастворимых веществ, которые осаждаются на дно отстойника. С помощью такого метода можно добиться удаления до 95% загрязнений, растворенных в воде, и около 25% нерастворенных [2]. Главный недостаток химического метода очистки сточных вод заключается в том, что он значительно снижает качество воды на выходе.

Сооружения биологической очистки позволяют на 90-95% удалить коллоиды и растворимые вещества [5]. При этом используется несколько видов сооружений: метанреакторы, аэротенки, биофильтры, биологические пруды.

Биометод основан на использовании различных популяций бактерий, которые в процессе своей жизнедеятельности используют растворенные вещества и плавающие примеси как источник пищи, в результате чего живые микроорганизмы разлагают органические включения на безопасные составляющие. В аэротенках среда обитания для них благоприятна, поскольку аэротенки наполнены избытком кислорода и органическими веществами из сточных вод. В процессе работы очистки происходит образование излишков биомассы бактерий – активного ила, который в свою

очередь с помощью отстойников и барабанных фильтров выводится за пределы сооружений [2].

Главным преимуществом данного метода является его экологическая безопасность. Эффективность очистки с помощью биологического метода составляет 95%. К недостаткам относятся: сложность достижения равновесия между процессами расщепления примесей и сохранения постоянного количества биомассы бактерий; большие затраты на сооружение очистной системы; строгое соблюдение технологического режима очистки; токсичное действие на микроорганизмы; необходимость дополнительных мер очистки в случае высокой концентрации примесей.

Таким образом, в настоящее время очистка сточных вод предприятий горной промышленности является серьезной экологической проблемой, поскольку некачественная очистка воды приводит к негативному воздействию на окружающую среду.

Очистные сооружения, предназначенные для очистки сточных вод на предприятиях, должны удовлетворять всем требованиям, предъявляемым для водоочистки, а именно: они должны быть доступными; иметь высокую механическую прочность; должны быть готовы к многократной регенерации; и устойчивыми к агрессивным средам. Поиск таких сооружений является наиболее перспективным направлением совершенствования систем очистки сточных вод в целях улучшения качества окружающей среды.

Как показал анализ существующих методов очистки сточных вод, наибольшей эффективность обладают физико-химический и биологический методы, показатели которых составляют 75% и 95% соответственно [5]. Несмотря на высокую эффективность биологического метода, процесс очищения сточных вод от загрязнений физико-химическим методом протекает значительно быстрее, а также физико-химический метод обладает большим количеством преимуществ по сравнению с биологическим методом.

Очищение воды от присутствующих в ней различного рода примесей, тяжелых металлов и их соединений – кропотливый технологический процесс. Для достижения максимальной фильтрации сточных вод и защиты окружающей среды следует применять выше рассмотренные методы очистки комплексно, поскольку каждый из них зависит от типа загрязнений. Правильно подобранный комплексный метод очистки сточных вод предприятий поможет достичь высоких показателей качества очистки с минимальным негативным воздействием на окружающую природную среду при низких затратах на реализацию технологии.

Литература

1. *Загорская Е.П.* Очистка сточных вод на промышленных предприятиях г. Тольятти //Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2012. – №. 1.

2. Классификация бытовых сточных вод и способы их очистки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kanalizaciyam.ru/stochnye-vody.html#i-4 (Дата обращения: 22.11.2018)

3. *Копылова Е.Н.* Методы очистки сточных вод на промышленных предприятиях //Декада экологии. – 2016. – С. 68-71.

4. Методы и способы очистки сточных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://helpiks.org/9-51539.html (Дата обращения: 23.11.2018)

5. Промышленные и производственные очистные сооружения: очистка стоков и сточных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.eco61.ru/information/analitics/1329/ (Дата обращения: 22.11.2018)
6. Способы очистки сточных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://1pokanalizacii.ru/ustrojstvo/ochistka-stochnyx-vod.html (Дата обращения: 22.11.2018)

ЛЕСНАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ КАК МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ В ДОНБАССЕ

И.Д. Жолудева

Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко,
г.Луганск, ул.Оборонная, д.2. E-mail: agroecology.lg@mail.ru

В результате производственной деятельности горнорудных и перерабатывающих предприятий структура естественных ландшафтов испытывает существенные изменения, растет удельный вес техногенных ландшафтов. Донбасс – это крупный промышленный регион, в котором техногенные комплексы занимают значительное место в общей цепи природных экосистем, поэтому проблема экологической оптимизации техногенных ландшафтов здесь имеет глобальное значение. При решении вопроса оптимизации необходима теоретическая база для создания технологии ускоренного восстановления почвенного покрова. Такое восстановление возможно лишь посредством активизации почвообразовательных процессов, прежде всего гумусово-аккумулятивных, создания в них устойчивых гумусовых веществ, основным источником которых являются органические остатки высших растений. Одним из путей восстановления биологической продуктивности нарушенных земель является создание функционально полноценных лесных насаждений.

Опыт лесной рекультивации широко использовался в Донбассе в 70-80-е гг. XX в., как при озеленении терриконов, так и спланированных отвалов после добычи различных ископаемых открытым способом. Одним из информативных критериев оптимизации техногенных ландшафтов являются формирующиеся в них почвы. Интерес к процессам почвообразования в техногенных ландшафтах вызван еще и тем, что многими исследователями выявлены важные в теоретическом и прикладном отношении факты быстрого формирование почв техногенных ландшафтов вследствие регенерации экосистем, что, в свою очередь, подтверждает идею о доминирующей роли в почвообразовании живого организма [1, 2].

Объектом наших исследований являются почвы, сформированные под лесными культурами на спланированных отвалах Часов-Ярского месторождения огнеупорных глин (Донецкая обл.). Разработка полезных ископаемых здесь проводится открытым способом более 100 лет.

Возраст исследованных отвалов составляет 45 лет. Изначально спланированные отвалы до глубины 1,5-2,0 м были сложены потенциально плодородными рыхлыми осадочными породами – лессовидными суглинками, песками палеогеновой и неогеновой свит, пестроцветными глинами. Субстраты представляли собой недифференцированную массу с

однородными свойствами по всему профилю. Основная форма рельефа – коротковолнистый мезорельеф с пологими склонами.

Одним из приоритетных направлений оптимизации техногенных ландшафтов была выбрана лесная рекультивация. Перед посадкой лесных культур были установлены физико-химические показатели субстратов. Исходное содержание органического вещества в породе колебалось от 0,20% – на песках до 0,57% – на лессовидных суглинках средне- и тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Все породы имели слабощелочную реакцию – $pH_{вод}$ 7,5-7,9, карбонатны (вскипали от 10% HCI с поверхности по всему профилю), уплотнены (объемная масса 1,59-1,71 г/см^3), имели низкое содержание поглощенных катионов (4,5-20,9 мг-экв/100 г почвы), не засолены (сухой остаток водной вытяжки не превышает 0,1%).

До посадки лесных культур поверхность отвалов зарастала естественной травянистой растительностью в течение 5-7 лет. В дальнейшем на определенных участках были высажены 2-3-летние саженцы лесных культур: лещины обыкновенной (*Corylus avellana L.*), ясеня зеленого (*Fraxinus veridis Mill.),* акации белой (*Robinia pseudoacacia L.),* сосны обыкновенной (*Pinus* selvestris *L.),* березы бородавчатой (*Betula pendula Roth.),* клена остролистного (*Acer* platanoides *L.),* липы сердцелистной (*Tilia cordata Mill.).* Расстояние между рядами в посадках лесных культур составляет 2,0-2,5 м, между деревьями в рядах – 0,5-0,7 м. В настоящее время возраст лесных культур – 44-45 лет. Обследование насаждений показало, что все лесные культуры находятся в хорошем состоянии. Высота их составляет 9-13 м, насаждения сомкнуты (табл. 1).

Под пологом лесных культур хорошо развита травянистая растительность, встречаются грибы, мхи, множество муравейников. Мощность лесной подстилки – 3,5-5,0 см. Отмечается природное возобновление древесных пород, что свидетельствует о формировании экологии леса.

Таблица 1

Основные показатели роста лесных культур

Состав лесных культур	Высота, м	Диаметр на уровне груди, см	Запас подстилки, т/га	Валовое содержание в биомассе, %		
				N	P	K
Акация белая	11,0-12,0	19,2-20,0	32,8-36,0	2,40	0,16	0,60
Ясень зеленый	10,0-10,2	12,0-14,6	27,3-28,5	1,69	0,18	0,58
Лещина обыкновенная	9,0-9,5	6,9-8,0	20,8-22,0	1,72	0,15	0,54
Сосна обыкновенная	9,0-11,0	10,8-17,3	16,1-16,9	1,29	0,12	0,51
Береза бородавчатая	12,0-13,0	16,5-16,9	22,1-24,2	1,54	0,15	0,57
Клен остролистный	9,5-10,0	8,4-10,3	25,5-26,8	1,61	0,19	0,54
Липа мелколистная	9,0-10,5	9,3-10,5	23,1-25,7	1,63	0,16	0,61

На каждом отвале заложены почвенные разрезы на глубину 90 см. Из каждого почвенного разреза для проведения аналитических исследований послойно сплошной колонкой отобраны образцы по глубинам: 0-3 см, 3-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-50, 50-70, 70-90 см.

В качестве эталона сравнения была взята зональная почва – чернозем обыкновенный среднемощный среднегумусированный на лессовидном суглинке. Физические и физико-химические свойства почв изучались с использованием общепринятых методик.

Исследования показали, что за 45-летний период произрастания лесокультурной растительности на отвалах сформировались молодые почвы, морфологическое строение профиля которых указывает на его дифференцирование. С поверхности почвенный профиль содержит лесную подстилку различной степени разложения, под которой расположен четко выраженный гумусно-аккумулятивный (дерновый) горизонт, мощность которого определяется по гумусовой окраске и комкасто-зернистой структуре и составляет 10-12 см, что в 3-3,5 раза уступает мощности такового в зональной почве. Нижняя часть профиля сложена неизмененными горными породами. По морфологическим признакам профиль исследуемых почв диагностируется как профиль дерново-литогенной слаборазвитой почвы [3]. В отличие от зональной эталонной почвы дерново-литогенные почвы характеризуются отсутствием переходных горизонтов.

По гранулометрическому составу исследуемые почвы неоднородны, что связано с разнородным гранулометрическим составом пород, слагающих вскрышу, и неоднородностью их отсыпки в отвалы. Наблюдается скачкообразный характер в распределении каждой фракции в пределах одного почвенного профиля. Почвы, сформированные на лессовидном суглинке, относятся к тяжелосуглинистым и легкоглинистым с содержанием физической глины по профилю 43-74%, Почвы, которые сформировались на палеогеновом песке – супесчаные с содержанием физической глины 14-21%. Среди суммы фракций тяжелосуглинистых и легкоглинистых почв преобладает фракция ила – 20-41%. В сумме фракций физического песка по профилю преобладает мелкий песок. В супесчаных почвах в сумме фракций физического песка преобладает крупный и средний песок – 39-55%, в сумме фракций физической глины по профилю превалирует ил – 12-16%.

Анализ данных свидетельствует, что перераспределение коллоидов по профилю в сформировавшихся молодых почвах не наблюдается.

Данные микроагрегатного анализа молодых почв свидетельствуют о том, что подавляющее большинство высокодисперсных фракций находится в агрегированном состоянии, содержание микроагрегатов > 0,01 мм составляет 74,5-96,7%, неагрегированность ила – 0,6-2,3%.

Показатели потенциальной способности молодых почв к агрегации приближены к зональной почве (табл. 2). Фактор дисперсности в слое 0-10 см на лессовидном суглинке составляет 4,1% (в черноземе – 4,5%), фактор структурности по П. Фагелеру – 95,9% (в черноземе – 92,1%). Показатель степени агрегатности в молодых почвах ниже уровня зональных и составляют 50,4% на лессовидном суглинке и 15,8% на палеогеновом песке (в черноземе – 81,2%). Гранулометрический показатель структурности по А.Ф. Вадюниной колеблется в широких пределах – от 69,3% до 116,2% и не отражает истинной картины, так как в малогумусных почвах в агрегировании активно участвует и мелкая пыль.

Таблица 1

Потенциальная способность молодых почв к агрегации и ее оценка различными методами, %

Растительность	Грануло-метрический состав	Глубина, см	Фактор дисперсности по Н.А. Качинскому	Фактор структурности по П. Фагилеру	Степень агрегатности по Бейверу и Роадесу	Гранулометрический показатель структурности по А.Р. Вадюниной
Лесные насаждения из лиственных пород	тяжелый суглинок	0-10 10-20	4,1 2,4	95,9 97,6	50,4 62,1	116,2 127,6
Лесные насаждения из хвойных пород	супесь	0-10 10-20	11,6 6,7	88,4 93,3	15,8 17,5	69,3 111,7
Чернозем обыкновенный	тяжелый суглинок	0-20	4,5	92,1	81,2	81,1

Профиль молодых почв дифференцирован по плотности сложения на два горизонта. В верхней части профиля до глубины 0-20 см объемная масса составляет: на лессовидном суглинке – 1,21-1,35 г/см^3, на палеогеновом песке – 1,26-1,28 г/см^3, что превышает плотность сложения зональной почвы (1,17-1,19 г/см^3). Заметное разуплотнение профиля наблюдается до глубины 50 см, что связано с концентрацией основной массы корней в этом слое и физическим разуплотнением на среднюю глубину промерзания почвы. Величина объемной массы в почвенном слое 0-50 см составляет 1,47-1,58 г/см^3, что ниже, чем в почвообразующей породе (1,67-1,71 г/см^3), и свидетельствует о вовлечение этого слоя в почвообразовательный процесс. Таким образом, в сравнении с исходными показателями пород в молодых почвах показатели объемной массы значительно снизились до глубины 20 см и стремятся к величинам зональных почв. Отмечена взаимосвязь между изменением объемной массы и развитием корневых систем растений, выражением которой является незначительное снижение объемной массы техногенных почв до глубины 50 см, в пределах которой сосредоточена основная масса корневых систем.

В результате почвообразовательного процесса сумма поглощенных оснований в слое 0-10 см увеличилась по сравнению с начальными показателями в почвообразующей породе в 1,5-2 раза (до 30-32 мг-экв/100 г почвы на лессовидных породах и 11 мг-экв/100 г почвы на палеогеновых песках). Ниже слоя 20 см величина суммы поглощенных катионов находится на уровне начальных показателей в почвообразующей породе до начала биологической рекультивации (5,1-21,9 мг-экв/100 г почвы). Среди катионов преобладает кальций – 65-74% от суммы, что обусловлено процессами его биогенной аккумуляции.

Наиболее информативным критерием почвообразовательного процесса является накопление органического вещества почвы – гумуса. За 45-летний период почвообразования содержание гумуса в слое 0-10 см увеличилось в 4-5 раз и составляет 1,04-2,59%, скорость гумусообразования здесь очень высокая и определяется типом лесной растительности (рис. 1).

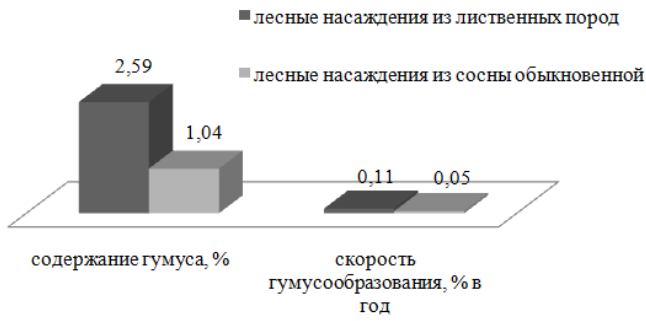


Рис.1. Скорость гумусонакопления в техногенных ландшафтах в зависимости от типа растительности (слой 0-10 см).

Установлена тесная корреляционная связь между содержанием органического вещества и поглощенного кальция и (R^2 = 0,67), между содержанием органического вещества и разуплотнением почвенного профиля (R^2 = 0,59).

Таким образом, трансформация недифференцированной горной породы за 45-летний период ее биологической рекультивации путем облесения (разуплотнение почвенного профиля, увеличение величины емкости поглощения с биогенным накоплением кальция, высокая скорость гумусонакопления) свидетельствует о наличии почвообразовательного процесса, интенсивно охватывающего слой 0-10 см и в незначительной степени слой 10-20 см. Почвообразовательные процессы, протекающие в техногенных ландшафтах, свидетельствуют об их функционировании и саморегуляции. Лесная рекультивация земель способствует в сравнительно короткие сроки оптимизировать нарушенные природные ландшафты.

Литература

1. *Вернадский В.И.* Избранные сочинения в 5 т. / Владимир Иванович Вернадский. – М.: АН СССР, 1960. – Т. 5: Биосфера. – 1960. – 422 с.

2. *Вильямс В.Р.* Избранные сочинения в 2 т. / Василий Робертович Вильямс. – М.: Гос. издат-во с.-х. лит-ры, 1949. – Т. 1: Работы по почвоведению 1888-1902. – 1949. – 446 с.

3. Методика обследования и диагностики рекультивированных почв Украинской ССР / Донченко М.Т., Етеревская Л.В., Угарова В.А., Лехциер Л.В. – Харьков, 1987. – 31 с.

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ КАК ИНСТРУМЕНТ РЕАБИЛИТАЦИИ ТЕХНОГЕННО-НАРУШЕННЫХ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРРИТОРИЙ АРКТИКИ

С.А. Захаров[1], С.К. Мустафин[2]

[1] Акционерное общество «Алмазы Анабара». 677000, Республика Саха (Якутия), г.Якутск ул.Кирова, д.18. E-mail: zaharovsa@alanab.ru

[2]Башкирский государственный университет. 450076, Республика Башкортостан, г.Уфа, ул.Заки Валиди, д.32. E-mail: sabir.mustafin@yandex.ru

Недропользование – вид природопользования, оказывающий большую техногенную нагрузку на все компоненты окружающей природной среды.

Предприятия недропользования Арктики – комплексные, мощные источники продолжительного воздействия на приземную атмосферу, земельные ресурсы, гидросферу, геологическую среду, растительный и животный мир [3].

В соответствии с подпрограммой «Оздоровление экологической обстановки Алмазной провинции» Государственной целевой программе «Охрана окружающей среды РС (Я) на 2007-2011 годы» ОАО «АЛРОСА», ОАО «Алмазы Анабара», ОАО «Нижне-Ленское» реализованы мероприятия по оздоровлению экологической обстановки в 9 улусах Алмазной провинции.

АО «Алмазы Анабара» осуществляют работы на объектах Эбеляхского алмазоносного поля расположенного на северной окраине Сибирской платформы, в зоне сочленения Анабарской антеклизы и Лено-Анабарского прогиба. Различным видам недропользования свойственны свои особенности воздействия на многолетнемерзлые породы (ММП) криолитозоны. Разработка долинных россыпей приводит к разрушению почвенно-растительного слоя участков долин, обнажению их бортов, проходку канав, котлованов и др.

Регион размещения объекта разработки относится к области наиболее мощного распространения самой низкотемпературной многолетней мерзлоты представленной Анабаро-Оленекской приморской равниной и бассейнами нижнего и среднего течения рек Анабар, Лена, Яна, Индигирка.

Регион представляет собой относительно невысокое плато, расчлененное сетью долин правых притоков среднего течения р.Анабар. Россыпь расположена в пределах бассейна р.Эбелях – крупного правого притока р.Анабар**.** Длина р.Эбелях – правого притока р.Анабар составляет 108,0 км, площадь водосбора – 1968,0 км^2. Длина ручья 23 км, площадь водосбора 84,7 км^2. Бассейн вытянут в северо-западном направлении**.** Наибольшие отметки в истоке – 150 м, в устье – 40 м; русло извилистое, средний уклон – 5,2%.

Долина выработана в доломитах анабарской свиты кембрия, имеет корытообразный профиль с выположенными склонами и широким днищем.

Температура горных пород на подошве слоя годовых колебаний температур изменяется от -2,5°С до -4,8°С. Широко представлены криогенные процессы: пучение, морозобойное растрескивание, полигонально-жильное льдообразование, солифлюкция, курумообразование, оседание склонов, термокарст. Граница распространения ММП точно не установлена и предположительно находится на глубине 800 м.

Широко развиты мерзлотно-геологические процессы и явления – пучение, морозобойное растрескивание, образование полигонально-жильного льда, термокарст, солифлюкция, курумообразование, оседание склонов.

Для эффективной отработки алмазоносных россыпей данного региона определяющими являются мерзлотно-инженерно-геологические условия [4].

Разнообразие состава наносов (от крупнообломочных до глинистых), состояние пород (от талых текучей консистенции до твердомерзлых) обусловливают изменение в широких пределах из физико-механических свойств [5]. Грунтам, приуроченным к низким надпойменным террасам, пойменным частям и днищам притоков и нижним частям склонов свойственны наиболее низкие температуры (от -7°С до -9°С).

Для пойменной фации аллювия характерно преобладание криогенных текстур: линзовидной, слоистой, иногда сетчатой и массивной, в аллювии террас широко распространены полигонально-жильные льды, приуроченные к пойменной фации; мощность ледяных жил 1-1,5 м – 4-6 м и более.

Сезонное оттаивание грунтов начинается в первой половине июня. В июне оттаивает 10-15% максимальной среднемноголетней мощности, в июле 60-70%, в сентябре начинается промерзание пород. Средние даты начала осенних ледовых явлений 23 сентября, начала ледостава 4 октября, осенний ледоход отсутствует. Средние даты начала схода ледяного покрова весной 31 мая, начала весеннего ледохода 1 июня, окончания ледовых явлений 8 июня.

На участках распространения оторфованных тонкозернистых грунтов мощность сезонно-талого слоя 0,3-0,7 м и зависит от льдистости грунтов. Грунтовый лед образует прожилки, клинья, линзы мощностью до 5 м.

На участках со щебенисто-глыбовым грунтом, а также с хорошо промытыми галечниками, глубина оттаивания достигает 1,6 м и даже 2 м и более. Высокая льдистость отличает илистые осадки пойменной фации террас. Плотик россыпей сложен залегающими субгоризонтально доломитами анабарской свиты среднего кембрия, реже дезинтегрированными продуктами их выветривания, иногда алевролитами и песчаниками, выполняющими карстовые и эрозионно-карстовые западины, с размерами в плане до 30-50 м.

Доломиты отличает повышенная пористость и кавернозность, что в сочетании с тектоническими зонами трещиноватости благоприятствует карстообразованию. В регионе развиты терригенные породы нижнего мела, и верхнечетвертичные аллювиальные верхнечетвертичные–современные делювиально-солифлюкционные отложения.

По литологическому составу выделяются отложения: валунно-гравийно-галечные с песчано-илистым заполнителем (русловая фация аллювия) и

гравийно-песчано-щебенисто-глыбовые с песчано-илистым заполнителем (смешанная фация прибортовых частей).

Алмазоносность бассейна р.Эбелях определяют погребенные верхнечетвертичные долины с реликтами карстовых полостей, выполненных неогеновым аллювием [1].

Пойменная фация представлена темно-серыми льдистыми суглинками с растительным детритом, рассеянной галькой, гравием и щебнем доломитов.

Надмерзлотные воды слоя сезонного оттаивания существуют в жидкой фазе лишь летом; химический состав вод гидрокарбонатный, кальциево-магниевый, иногда кальциевый; минерализация составляет 0,2-0,5 г/л.

Межмерзлотные воды по составу гидрокарбонатные натриево-магниево-кальциевые с минерализацией зимой около 0,5 г/л, а летом 0,2-0,3 г/л.

В почвенном покрове доминируют тундровые перегнойно-глееватые и тундровые глеевые почвы, а на пойменных участках мерзлотные аллювиальные перегнойно-глееватые и мерзлотные аллювиальные дерново-глеевые почвы. Торфа отрабатываемой россыпи представлены илистым, глинистым или супесчаным материалом, нередко с примесью обломков крупнее 1 мм до 20-25%.

Продуктивные отложения, как и перекрывающие их глинистые образования, круглогодично находятся в мерзлом состоянии и представлены песчано-гравийно-галечно-щебенистым материалом с незначительной (1-12%) примесью валунно-глыбового материала, с илисто-глинисто-песчаным заполнителем (20-70%). Валунно-глыбовый материал – глыбы доломитов размером до 40 см, максимальная валунистость на большинстве участков не превышает 5-6%.

Вскрышные работы проводятся в зимнее время с использованием взрывной подготовки (т.к. породы повышенной льдистости), и механического рыхления торфов рыхлителем на базе бульдозера Komatsu Д-355А. Разработка торфов россыпи производится бульдозерным способом, в весенний период – послойно, по мере естественной оттайки; в случаях увеличении плеча бульдозирования, частичная вывозка торфов в отвалы осуществляется автосамосвалами БелАЗ-7540.

Добычные работы производятся параллельными бульдозерными ходами вдоль продольной оси полигона, с укладкой песков в бурты. Погрузка песков в БелАЗ-7540 будет осуществляется колесными погрузчиками RC-570 и CAT-980. Пески перерабатываются непосредственно на полигоне на модульных установках КСА-150 с последующим вывозом зернистого материала на сортировочно-обогатительных фабриках (СОФ) для дообогащения.

Горно-добычные работы на территории участков выполняются в весеннее время по мерзлоте, с двусторонним отвалообразованием при разносе бортов россыпи. Разработка россыпи формирует в долинах мелкокарьерный техногенный комплекс с глубиной разрезов до 10 м. Малая мощность потенциально плодородного слоя почвы (ПСП) позволяет производить вскрышные работы валовым способом, не разделяя ПСП и торфа.

Важнейшим мероприятием, снижающим интенсивность техногенной трансформации геологической среды вызванной разработкой россыпей,

является рекультивация нарушенных земель, выполняемая по мере образования выработанного пространства и завершаемая после окончания добычи, осенью того же года.

Объектами, подлежащими рекультивации на разрабатываемом месторождении, являются: отвалы вскрыши, засыпаемые в отработанные блоки; отстойники-хвостохранилища с дамбами; промплощадки; рудные дворы; автоотвалы рыхлых горных пород; эфельные отвалы; площади, занятые отвалами вскрышных пород, руслоотводной канавой, технологическими автодорогами, направляющей дамбой отвода нагорного стока, дамбами обваловки илоотстойников, головной и защитными дамбами руслоотвода, почвенно-растительным слоем, отвалами галечно-валунной фракции (18% от объема песков).

При разработке месторождения производится снятие почвенно-растительного слоя (ПРС) с добычных полигонов, площадей внешних отвалов, площадей под руслоотводной канал, под направляющую дамбу, под головную и защитные дамбы руслоотвода. Снимаемый почвенный слой мощностью 0,2 м складируется между отвалами вскрыши. Материал валунно-галечных отвалов от переработки песков используется для подсыпки дорог, укрепления откосов, подсыпки рекультивируемых хвостохранилищ.

Рекультивация включает планировку, проведение противоэрозионных мероприятий (горно-технический этап) с интенсификацией зарастания склоновых поверхностей техногенных образований (биологический этап).

Чистовая планировка земель – окончательное выравнивание поверхности и исправление микрорельефа обеспечивает ряд условий: 1) общий продольный уклон поверхности рекультивируемых полос отвалов должен совпадать с уклоном долины реки с допущениями разности уклона до 3-5°; 2) откосы разрезов и отвалов вскрыши с целью исключения ветровой и водной эрозии, а также создания условий для зарастания их кустарниковой и травяной растительностью должны быть выположены до 12° и террасированы. Технологию биологического этапа рекультивации определяют: технология горнотехнического этапа, мощность и структура насыпного слоя, агрохимические и водно-физические свойств пород; биорекультивация может осуществляться путем естественного зарастания объектов.

Выбор вида рекультивации нарушенных земель участка произведен на основании учета следующих факторов: а) природных условий района; б) хозяйственных и социально-экономических условий**;** в) технологии горных работ; г) физико-механических и агрохимических свойств вскрышных пород; д) продолжительности использования предприятием, для промышленного производства, отчуждаемых земель; е) плана развития района.

Последовательно осуществляются горнотехнический и биологический этапы рекультивация нарушенных земель.

Технический этап рекультивации включает планировку нарушенных земель, выполаживание откосов отвалов, биологический – подготовку площадей под лесохозяйственную рекультивацию, формирование

рекультивационного слоя из потенциально плодородных пород. Выполаживание откосов отвальных ярусов, приведенных в конечное положение и все планировочные работы на поверхности отвалов выполняется бульдозером Komatsu Д355А. Основная задача планировочных работ – приведение техногенного рельефа в состояние, пригодное для целевого назначения. Поверхность отвала планируется с уклоном до 3°, откосы отвала имеют результирующий угол до 25°. Планировка отвалов проводится в два этапа: первоначальная – грубая, затем чистая. Грубая планировка заключается в выравнивании поверхности с выполнением основного объема земляных работ до создания равной поверхности и выполаживания откосов до результирующего угла. Чистовая планировка – окончательное выравнивание поверхности, которое сводится к исправлению микрорельефа и перемещению незначительных объемов работ.

Биологический этап осуществляется после полного завершения технического этапа, после осадки грунта. Сроки проведения биологической рекультивации, схемы размещения и густоты насаждений, мероприятия по посадке леса и кустарников, система удобрений и ухода за посадками, мероприятия по борьбе с водной и ветровой эрозией определяются и разрабатываются совместно с местным лесхозом.

Рекультивационный слой формируется из ПСП верхних слоев вскрышной толщи на поверхности вскрышных отвалов для создания лучших условий самозарастания рекультивируемых площадей. Состав грунтов на отвалах, подготавливаемых для посадок, в пределах корнеобитаемого слоя (1,5-2,0 м) должен иметь благоприятные лесорастительные свойства.

При планировке торфов на рекультивируемых участках формируется мелкогребневый профиль для предотвращения размывания, удерживания плодородного слоя и улучшения условий для самозаростания спланированной поверхности. Крутые откосы выполаживаются валунами и галей – продуктами переработки песков на КСА-150, с последующим накрытием торфами. Применение внутреннего отвалообразования для рекультивации отработанных площадей позволит снизить размеры изымаемых земель для отвалообразования.

Горнотехническая рекультивация отработанных площадей проводится вслед за добычными работами по актированной площади и заключается в укреплении и защите отработанных бортов россыпи от ветровой и водной эрозии каменной наброской, в т.ч. отвальным галечным материалом. Укрепление бортов россыпи производится путем перевозки взорванной горной массы и отвального галечника попутным транспортом на полигоны с последующим ее бульдозированием на борт россыпи под углом 20°.

Горнотехнический этап рекультивации отвалов и бортов разрезов.

Восстанавливаемые земли для природоохранных целей должны служить устранению вредного воздействия нарушенных земель на окружающую среду, к которым относятся: создание земельных ландшафтов зарастания, устранение нарушения гидрогеологического режима местности, очагов эрозионных процессов, источников загрязнения водотоков.

Горнотехнический этап рекультивации производится после отнесения площадей к отработанным и включает: выполаживание бортов разрезов и откосов отвалов; отсыпку галечником илистых бортов разрезов подлежащих затоплению для предотвращения размыва пород; нанесение на спланированные поверхности почвенно-растительного слоя или слоя потенциально плодородных пород.

Разваловка отвалов торфов и выполаживание откосов отвалов и бортов разрезов производится бульдозерным способом одновременно с засыпкой впадин трещин и размывов. Отсыпка плодородного слоя производится в октябре-ноябре. Во избежание заболачивания спланированная поверхность должна иметь уклон для стока атмосферных осадков. Общий продольный уклон поверхности отвалов должен совпадать с уклоном долины реки с допущением разности уклона до 3-5°.

Рекультивация проводится в соответствии с землеустроительным согласованием Комитета по земельным ресурсам и землеустройству Анабарского улуса Республики Саха (Якутия). Согласование предусматривает фрагментарное выполнение технического этапа рекультивации по самозарастанию выположенных участков.

В социально-экологическом отчете АК АЛРОСА (ПАО) за 2017 г. отмечается, что АО «Алмазы Анабара» провели работу по подтверждению сертификации системы экологического менеджмента на соответствие требованиям международного стандарта ISO 14001:2004 и национального стандарта ГОСТ Р ИСО 14001–2007. Совместно с Институтом прикладной экологии Севера при СВФУ продолжены работы по биологической рекультивации нарушенных земель [6].

Анализ состояния природоохранной деятельности предприятий-недропользователей Арктической зоны РФ, рассмотренной на примере объектов разработки алмазоносных россыпей, обозначил перспективные направления ее оптимизации [2, 4].

Литература

1. *Граханов С.А.* Особенности формирования и закономерности размещения россыпей алмазов северо-востока Сибирской платформы / Дис. док. геол-мин. наук. Якутск, 2007. 40 с.

2. *Захаров С.А., Мустафин С.К.* Экологические проблемы освоения алмазоносных россыпей Арктики // Международное совещание по геологии россыпей и месторождений кор выветривания (РКВ-2010) / Тез. докл. Новосибирск: ИГМ СО РАН, 2010. – с.251-253.

3. *Захаров С.А., Мустафин С.К.* Проблемы геоэкологии и рационального недропользования в криолитозоне Арктики. Геология и полезные ископаемые четвертичных отложений: Мат-лы VIII Университетских геол. Чтений. Минск: «Цифровая печать» 2014. – Ч. 2. – с.80-81.

4. Инженерно-геологические условия освоения россыпей алмазов Арктики (объекты бассейнов рек Анабар и Лена). Сергеевские чтения. Геоэкологическая безопасность разработки месторождений полезных ископаемых. Вып. 19. Мат-лы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. – Москва: РУДН, 2017. – с.458-463.

5. *Костромин М.В., Леонтьев А.А.* Устойчивость углов наклона бортов глубоких карьеров россыпных месторождений. Горный информационно-аналитический бюллетень, 2011. – с.67-69.
6. Социально-экологический отчтт АК АЛРОСА (ПАО) за 2017 год. 191 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СЕТЬ КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА

О.Р. Игнатов

ГОУ ВПО Луганский национальный университет имени В. Даля,
г.Луганск, кв.Молодежный, д. 20а. E-mail: kaf.ekologya@yandex.ru

Приоритетом дальнейшего развития современной цивилизации является гармонизация взаимодействия общества и природы, поскольку экологическая ситуация продолжает неуклонно ухудшаться. Стремление обеспечить такую гармонизацию отношений привело к формированию целого ряда идей и теорий, в том числе теории коэволюции общества и природы. Путь коэволюции общества и природы, при котором общественный прогресс сопровождается эволюционным развитием природы, представляется одной из возможностей обеспечения экологической безопасности современной цивилизации. Реализация такого направления возможна в определенной точке бифуркации системы «общество-природа». Если такой момент будет упущен, возвращение к нему уже невозможно в силу закона исторической необратимости. Поэтому развитие общества может пойти не по пути ноосферогенеза, а по тупиковому пути, который приведет к экологической катастрофе. Поэтому актуальной становится проблема разработки инструментов обеспечения экологической безопасности крупных регионов и локальных территорий в частности. Одним из таких инструментов может быть концепция экологической сети.

В основе методологии создания экологической сети (экосеть) заложен принцип целостности и саморазвития природных комплексов на основе взаимосвязи всех ее элементов. Понятие экосети является более широким, чем понятие привычной сети природных заповедных территорий. Это единая территориальная система, которая включает участки природных ландшафтов, подлежащих особой охране, территории и объекты природно-заповедного фонда (ПЗФ), курортные и лечебно-оздоровительные, рекреационные, водозащитные, полезащитные территории. В ее состав могут входить объекты других назначений, определяемых законодательством страны или региона, в которых создается экологическая сеть. Перечисленные выше объекты входят в состав и являются частью структурных территориальных элементов экосети – природных ядер, природных коридоров и буферных зон. Взаимосвязь этих элементов создает предпосылки для формирования системы экологической безопасности и обеспечивает способность противодействовать антропогенным воздействиям.

Обзор объектов экологических сетей показывает, что они почти всегда состоят их трех типов зон. Центральные (узловые) зоны предназначены, прежде всего, для сохранения биологического разнообразия. Зоны развития

природных или ландшафтных ценностей охватывают территории, где антропогенная деятельность сочетается с сохранением природы – это буферные зоны. Соединяющим зонам (экологические коридоры) отводится коммуникационная роль, которая функционально объединяет все элементы экосистемы.

Центральные зоны включают территории, в пределах которых находятся репрезентативные обитатели определенных видов растений и животных, а также распространены отдельные виды или ландшафты, которые имеют государственные или международное значение. Для сохранения таких территорий им предоставляется специальный статус, который основывается на существующих государственных или международных природоохранных документах, а также на региональных законодательных актах.

Природный коридор – это естественный или приведенный к естественному состоянию участок земли или водной поверхности, обеспечивающий условия непрерывности и целостности природной среды. Он выполняет функции системного единства и биокоммуникации. Природные коридоры формируются участками естественных ландшафтов вытянутой конфигурации разной ширины, соединяя между собой природные регионы. Они должны обеспечивать необходимые условия для сохранения видов дикой флоры и фауны. Такие коридоры создаются с целью устранения фрагментации природных участков с растениями и животными и для обеспечения свободной миграции представителей дикой природы.

Буферная зона представляет местность с естественным или частично антропогенно измененным ландшафтом, который окружает наиболее ценные участки экосети и защищает их от воздействия внешних негативных факторов природного или антропогенного происхождения. Буферные зоны создаются с целью обеспечения оптимизации форм хозяйственной деятельности человека, а также для восстановления утраченных природных ценностей.

Формирование экосети осуществляется на основе следующих принципов:

- обеспечение территориальной целостности экосистемных функций составляющих элементов экосети;
- сохранение биотического разнообразия и ландшафтов государственного и международного значения;
- сохранение и экологически сбалансированное использование природных ресурсов на территории экосети;
- обеспечения функционального вхождения локальной экосети в региональную;
- совершенствование структуры земельного фонда путем реализации научно-обоснованного соотношения между разными категориями и видами угодий.

Кафедрой экологии Восточноукраинского национального университета им. В. Даля была разработана схема экологической сети Луганской области (рис. 1).

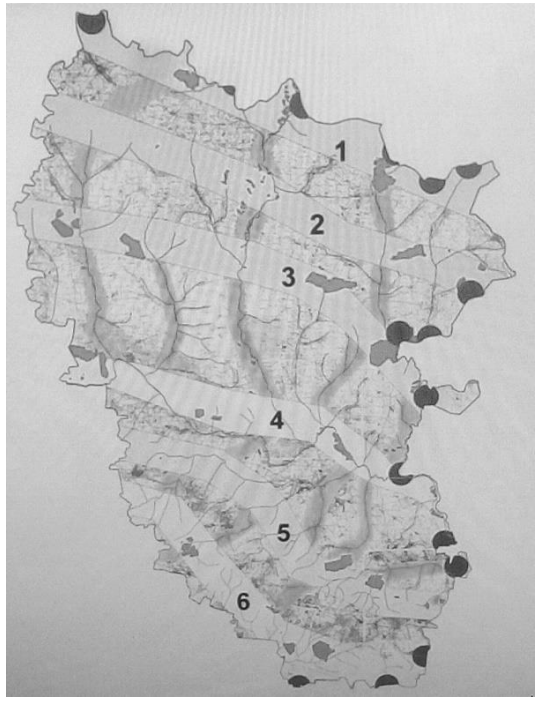


Рис.1. Концептуальная схема региональной экосети Луганского региона:
– меридиальные экокоридоры, расположенные по долинам рек;
– межгосударственные ключевые территории;
– природно-заповедные территории.
Экологические территории: 1 – Троицко-Меловской, 2 – Покровско-Беловодский, 3 – Сватовско-Городищенский, 4 – Северскодонецкий Национальный экологический коридор, 5 – Серерно-Донецкий, 6 – Южно-Донецкий.

Схема разрабатывалась с учетом наличия территорий ПЗФ, состояния полу природных и антропогенно измененных ландшафтов. Концептуальная схема экосети является основой для формирования районных экологических сетей и дальнейшего ее совершенствования путем ведения устойчивого природопользования, сохранения условно природных территорий, расширения ПЗФ региона, вывода эродированных земель из интенсивной обработки путем их заложения и создания полезащитных полос и водоохранных лесов.

Экологическая сеть является экологическим каркасом территории, который обеспечивает совместное функционирование антропогенного фактора и природных комплексов на данном этапе эволюционного развития системы «человек-природа». Поэтому логично считать, что она может быть основополагающим фактором при разработке концептуальной модели безопасности региона.

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ – ПУТЬ ПОВЫШЕНИЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНОВ

Т Б. Минакова

ФГБУН Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, 101000, г.Москва, Уланский пер., д.13, стр.2. E-mail: yasenevo312@mail.ru

Нельзя принижать роль рекультивации в решении природоохранительных проблем и восстановления эколого-экономического баланса природопользования в горнопромышленных районах. При общей тенденции снижения в стране площадей сельскохозяйственного назначения (за период 1990-2016 гг. в 1,7 раз), ежегодно нарушаются десятки тысяч гектар и по данным Росприроднадзора на 01.01.2017 площадь нарушенных земель составила 1,3 млн. га. Из всех нарушенных земель 80% приходится на разработку месторождений. При этом ежегодно отрабатывается, т.е. подлежит рекультивации, только 13%, из которых фактически восстанавливается около половины площадей.

Рекультивацией в нашей стране занимаются с начала 60-х гг. прошлого столетия. Каковы же тенденции изменений в направлении рекультивации нарушенных земель?

По ГОСТу [2] объектами рекультивации являлись нарушенные земли, утратившие первоначальную хозяйственную ценность и являющиеся источниками отрицательного воздействия на окружающую среду. В настоящее время значение этого термина существенно расширилось. Нарушенные земли образуются, не только при разработке месторождений полезных ископаемых, добыче торфа, строительстве линейных сооружений, выполнении геолого-разведочных, проектно-изыскательских и других работ, как рассматривалось более 40 лет тому назад, но и при проведении любых строительных, а также мелиоративных, лесозаготовительных и иных работ, связанных с нарушением почвенного покрова, загрязнением химическими веществами, в том числе радиоактивными, иными веществами и микроорганизмами, содержание которых не соответствует нормативам качества окружающей среды и требованиям законодательства в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения [12]. Объектами рекультивации становятся и территории «накопленного вреда окружающей среде» прошлой хозяйственной деятельностью: Арктическое побережье, карьеры, потерявшие своего правообладателя и т.д. [11]. В последние годы, в связи с реструктуризацией экономики страны, также представляются нарушенными – земли, освобождаемые при ликвидации промышленных, военных, гражданских и иных объектов и сооружений.

Одновременно с расширением списка объектов рекультивации, из определения «нарушенные земли» исчезла такая важная составляющая часть,

как их отрицательное воздействие на окружающую среду [12]. По ГОСТу [2] рекультивация – это комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народно-хозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами общества. Такое определение отражает направленность рекультивации на решение нескольких задач. Первая задача – возврат восстановленных площадей в хозяйственный оборот на основании выбора оптимального направления рекультивации уже на стадии проектирования соответствующих действий. Решение второй задачи – вытекает при реализации первой, так как после рекультивации исчезают нарушенных земли и, как правило, прекращается их негативное влияние на окружающую среду.

Среди направлений рекультивации сейчас преобладает лесохозяйственное (70%) с большой долей санитарно-гигиенического. Это связано с несколькими причинами. В условиях рыночных отношений не выгодно более дорогое [8] и продолжительное восстановление земель для возврата в хозяйственное использование, чем проведение санитарно-гигиенических работ. Объекты нарушенных земель усложнились, но отсутствуют разработки новых технологий их рекультивации (например, глубокие карьеры). Недостаточен контроль качества проектирования и реализации рекультивации. Не всегда предусматривается рекультивация на стадии проектирования освоения месторождения. Нет согласованных решений по вопросу потребностей муниципальных администраций, на чьих территориях планируется проведение рекультивационных работ, и возможными направлениями восстановления нарушенных земель разработчиками недр. Поэтому чаще всего выбирается путь минимизации затрат на это мероприятие, рассматривая его как чисто экологическое.

Напомним, что требование о выполнении «предприятиями и организациями, производящими строительные, изыскательские работы и добычу полезных ископаемых, мероприятий по восстановлению плодородия почв на затронутых работами землях», впервые было сформулировано в «Законе об охране природы в РСФСР» (1960 г.). Это же требование уточнялось в Постановлениях СМ СССР от 12 июля 1962 г. и от 2 июня 1976 г. № 407 [9, 10] обязательностью приведения за свой счет нарушенных земель в состояние, пригодное для использования в сельском, лесном или рыбном хозяйстве. Для реализации этой задачи в нашей стране не было еще достаточного опыта в проведении рекультивационных работ. Таким образом, это Постановление послужило стимулом для развития комплексных исследований в области рекультивации земель.

В конце 60-х гг. XX в. Министерство сельского хозяйства организует в Государственном институте земельных ресурсов (ГИЗР) Отдел рекультивации, возглавляемый В.А. Овчинниковым. С этого момента и вплоть до конца 90-х гг. это подразделение оставалось ведущим по проблеме рекультивации в нашей стране, а также активным участником всех международных симпозиумов стран СЭВ по вопросам рекультивации нарушенных промышленностью территорий.

На основании анализа материалов по рекультивации всех регионов нашей страны и обмена опытом с зарубежными коллегами разрабатывались прогнозы нарушения земель и их рекультивации по стране в целом и по регионам, которые передавались в министерство и Госплан СССР. Отдел принимал участие в подготовке законодательных, нормативных, методических документов [1-10].

Это был период активных опытно-экспериментальных исследований в области рекультивации, проводимых в разных регионах страны (табл. 1). Горняки большое внимание уделяли разработке вопроса включения рекультивационных работ в единый технологический цикл вскрышных, добычных и отвальных пород, в целях снижения трудоемкости рекультивации, увеличения продуктивности восстанавливаемых земель и повышения эффективности разработки месторождения в целом. Основными задачами биологов являлись исследование свойств грунтов вскрыши, определение их плодородие, поиск способов его повышения, подбор травянистых и лесных культур, более пригодных для выращивания на техногенных грунтах, разработка схем специальных севооборотов. С начала 80-х гг. занялись экономикой рекультивации, ее эффективностью [1]. По многим направлениям исследований мы оказались значительно впереди наших зарубежных коллег.

Отрадно, что Постановление Правительства РФ от 10 июля 2018 г. № 800 ориентирует рекультивацию на «предотвращение деградации земель и (или) восстановление их плодородия посредством приведения нарушенных земель в состояние, пригодное для их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием, в том числе путем устранения последствий загрязнения почвы, восстановления плодородного слоя почвы и создания защитных лесных насаждений». Однако при этом остается непонятным, как можно предотвратить деградацию уже деградированных земель (определение нарушенных земель в п.2 этого же документа) и означает ли «целевое назначение и разрешенное использование» возврат рекультивированных земель в прежний вид использования, что технологически далеко не всегда возможно и экономически целесообразно?

Предусматриваемая Правилами [12] возможность консервации нарушенных земель после 15 лет их безнадежной рекультивации, приведет к неоправданным финансовым затратам и снизит стимул разработки новых технологий рекультивации трудных объектов. Назначение кадастровых номеров земельным участкам, подлежащих рекультивации или консервации, позволит усовершенствовать статистику и контроль и обеспечит повышение ответственности правообладателей земельных участков за проведение этого мероприятия. При этом не совсем ясно, на каком этапе и кем обосновывается целевое назначение рекультивации и разрешенное использование соответствует ли прежнему виду.

Для обоснования направления рекультивации необходимо проведение комплексных исследований природных, природно-техногенных и хозяйственных условий района разработки месторождения. Выбор направления должен осуществляться в соответствии с критерием

Таблица 1

География центров развития исследований природных и техногенных условий для рекультивации и выполнение практических восстановительных работ в 1970-1990 г.

Ведущие организации	Основные объекты опытно-экспериментальных работ и их практического внедрения	Основные направления исследовательских и практических работ	Руководители и исполнители
г.Москва ГИЗР МСХ СССР	Подмосковный угольный бассейн, Тульская область Воскресенский фосфоритовый рудник, Московская область	Разработка технологических схем рекультивации. Подготовка законодательных, нормативных и методических документов. Координация работ по рекультивации. Изучение процессов почвообразования и оценка продуктивности пород для сельскохозяйственного и лесохозяйственного назначения	В.А. Овчинников, Л.В. Моторина, Т.Б. Минакова, Н.А. Алексеев, Е.Г. Линькова, Г.А. Зайцев, В.Н. Чеклина, М.Н. Акопов, С.В. Карлович, Н.И. Новикова
г.Люберцы ГИГХС	Воскресенский фосфоритовый рудник, Московская область	Разработка технологических схем рекультивации.	М.Е. Певзнер В.П. Костовецкий
г.Москва Институт почвоведения АН СССР	КМА, Белгородская и Курская области	Изучение процессов почвообразования и оценка продуктивности пород для сельскохозяйственного освоения	Н.И. Горбунов, Б.М. Туник
г.Губкин ВНИИ КМА	КМА, Белгородская область	Разработка технологических и биологических схем рекультивации отвалов и гидроотвалов (посадки древесно-кустарниковой и травянистой растительности)	Г.В. Коротаев А.М. Бабец, Я.В. Панков
г.Воронеж Сельхоз институт	Отвалы Михайловского ГОКа	Изучение физико-химических свойств грунтов и опыты сельскохозяйственной рекультивации	А.М. Бурыкин, А.И. Стифеев

г.Свердловск, ИГД Уральский университет	Железорудные и угольные месторождения Урала и Кузбасса	Разработка технологических схем рекультивации и опыты сельскохозяйственной и лесохозяйственной рекультивации	Е.П. Дороненко, Ю.И. Денисов Б.П. Колесников, Г.М. Пикалова, В.В. Тарчевский, Л.П. Баранник
г.Новокузнецк, г.Новосибирск Институт почвоведения СОРАН	Кузбасс, Кемеровская область	Изучение физико-химических свойств грунтов, лесохозяйственная рекультивация	С.С. Трофимов, Л.П. Баранник, Ф.К. Рагим-Заде
г.Днепропетровск, г.Харьков Сельхозинституты	Камыш-Бурунский ЖРК, Крым. Никопольский марганецево рудный бассейн, Украина. КМА	Сельскохозяйственная рекультивация Опыты по лесохозяйственной и рекреационной рекультивации	Н.Е. Бекаревич, А.А. Колбасин, Л.В. Етеревская, Н.Т. Масюк В.Н. Данько. Г.Л. Середа
г.Донецк Университет, ДБС	Донецкий каменноугольный бассейн, Украина	Озеленение терриконик ов – санитарно-гигиеническое направление	М.Л. Рева, В.И. Бакланов
г.Кривой Рог	Криворожский железорудный бассейн, Украина	Разработка технологических схем рекультивации	И.И. Заудальский
г.Тбилиси Институт почвоведения и агрохимии	Чиатурское месторождение марганца, Грузия	Выращивание лесохозяйственных культур и виноградников	А.Д. Гогатишвили
г.Таллин Главное управление лесного хозяйства и охраны природы	Открытые разработки сланцев и фосфоритов, Золоотвалы	Лесохозяйственное и рекреационное направления рекультивации	В. Каар

оптимальности – максимумом экономического эффекта. Последний включает не только продукцию, получаемую с рекультивированных площадей и предотвращенный ущерб от негативного воздействия нарушенных земель на окружающую среду, но и учитывает степень удовлетворения потребностей в площадях выбранного вида использования [1, 4]. Осуществление рекультивации, характеризующейся многоцелевой направленностью: восстановлением экологических условий на нарушенных и прилегающих к ним землях, а также природно-ресурсного потенциала при определенных направлениях рекультивации, будет способствовать улучшению эколого-экономического баланса в районах разработки полезных ископаемых.

Таким образом, основные изменения, произошедшие более чем за 50 лет в плане расширения рекультивационных работ следующие:

- увеличение объектов и объемов рекультивации, в связи с ухудшением экологической обстановки из-за возросшей антропогенной нагрузки и накоплением нерекультивированных прежде и неотработанных площадей;
- преобладание санитарно-гигиенического оздоровительного направления рекультивации над хозяйственными направлениями;
- спад опытно-экспериментальных исследований, направленный на оценку пригодности участка нарушенных земель к определенному виду восстановления, при разработке проекта освоения месторождения и дальнейшей рекультивации нарушенных земель;
- не включение в оценку эффективности разработки месторождения эффективности рекультивации, проявляющейся не только в положительном экологическом результате (предотвращенном ущербе), но и в учете потребностей региона в развитии природно-ресурсного потенциала за счет расширения хозяйственных площадей определенного профиля.

Рекультивация позволяет не только снять экологическую напряженность в горнопромышленном районе, но и получить экономический эффект от рекультивации территории для хозяйственного использования и повысить кадастровую стоимость земель.

Литература

1. *Алексеев Н.А., Линькова Е.Г., Минакова Т.Б., Овчинников В.А*. Методика определения экономической эффективности рекультивации нарушенных земель (Утв.Зам.председателя Госплана СССР А.И.Лукашовым 14.12.1985). М.:НИИПиН при Госплане СССР, ГИЗР Госагропрома СССР.1986, 92 с.
2. ГОСТ 17.5.1.01-83 (взамен ГОСТа 17.5.1.01-78) «Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения». Введ. С 30.06.84../Сб.ГОСТов. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. 13 с.
3. ГОСТ 17.5.1.04-86 (взамен ГОСТа 17.5.1.04-83) «Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель»./Сб. ГОСТов. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2002 год. 8 с. (дата последних изменений 10.04.2018)
4. *Минакова Т.Б., Минаков И.П.* Применение экономико-математических моделей для выбора оптимального направления рекультивации //Теоретические и практические проблемы рекультивации нарушенных земель. М.:МСХ СССР. 1975. 75-78 с.
5. *Моторина Л.В., Овчинников В.А.* Промышленность и рекультивация земель. М.:изд-во «Мысль». 1975. 240 с.

6. *Овчинников В.А.* Организация и управление рекультивационными работами// Проблемы рекультивации земель в СССР. М.:Изд.»Наука», Сибирское отделение 1974. с.38-46.
7. *Овчинников В.А., Минакова Т.Б, Мосьянов В.В.*Указания по составлению схем (ТЭО) рекультивации нарушенных земель, снятия и использования плодородного слоя почв в районах добычи и переработки полезных ископаемых. М.:ГИЗР МСХ СССР, 1975. 27 с.
8.*Овчинников В.А., Минакова Т.Б., Алексеев Н.А. и др.* Сборник укрупненных нормативов затрат на рекультивацию нарушенных земель.М.Агропромышленный комитет СССР.1987.70 с.
9. Постановление СМ СССР от 12 июля 1962 г. № 730 «Об улучшении государственного учета земель и использования их в сельскохозяйственном производстве».
10 .Постановление СМ СССР от 2 июня 1976 г. № 407 «О рекультивации земель, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы при разработке месторождений полезных ископаемых и торфа, проведении геологоразведочных, строительных и других работ»
11. Постановление Правительства РФ от 13 апреля 2017 г. № 445 «Об утверждении правил ведения государственного реестра объектов накопленного вреда окружающей среде».
12. Правила проведения рекультивации и консервации земель, утвержденные Постановлением Правительства Российской Федерации от 10 июля 2018 г. № 800

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ УЩЕРБ И ЦЕННОСТЬ РЕСУРСОВ ГИДРОМИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ В НЕДРАХ ОТРАБОТАННЫХ МЕДНОКОЛЧЕДАННЫХ РУДНИКОВ СРЕДНЕГО УРАЛА

Л.С. Рыбникова, П.А. Рыбников

ФГБУН «Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук»
620075, г.Екатеринбург, ул.Мамина-Сибиряка, д.58. E-mail: luserib@mail.ru

Введение. Промышленный потенциал Уральского региона уже несколько столетий основывается на минерально-сырьевых ресурсах. В связи с истощением запасов многих месторождений все большее значение получают ресурсы техногенного происхождения – техногенно-минеральные образования [5]. Специфическим видом таких ресурсов являются шахтные воды, которые благодаря наличию в их составе большого количества цветных, редких и редкоземельных элементов могут рассматриваться как потенциальные месторождения гидроминерального сырья.

Загрязнение окружающей среды горнопромышленных территорий происходит в результате образования как твердых, так и жидких отходов, в том числе шахтных и подотвальных вод. Затопленные на Среднем Урале в конце прошлого – начале этого века медноколчеданные рудники, в частности, Дегтярский, Левихинский, Карпушихинский, Ломовский, Белореченкский и др., являются одним из основных источников загрязнения водных объектов [13]. Эти территории представляют собой самые проблемные объекты накопленного вреда окружающей среде в Свердловской области, а долговременные затраты на очистку шахтных вод с начала 2000-х гг. покрываются из областного бюджета по программе «Экология и природные ресурсы Свердловской области» [8].

Извлечение металлов из шахтных вод осуществляется в течение, как минимум, четырех тысячелетий [19]. Шахтными водами отрабатываемых медноколчеданных рудников Урала в конце прошлого века выносилось 1,3 и 2,6 тыс. т в год меди и цинка, что позволяло рассматривать дренажные и подотвальные воды как перспективный источник гидроминерального сырья для извлечения цветных металлов [1, 4, 14]. Необходимость изыскания недорогих ресурсов и все более жесткие требования к охране окружающей среды в последние годы приводят к тому, что извлечение из шахтных вод компонентов, имеющих потенциальную экономическую ценность (в первую очередь металлов и редкоземельных элементов), стало рассматриваться как важная составляющая процесса очистки [6, 10, 16, 7].

Методы очистки шахтных вод. На Среднем Урале до середины 1950-х гг. кислые шахтные воды (pH=2÷3) отрабатываемых медноколчеданных рудников сбрасывались в близлежащие реки, ручьи или болота, выжигая растительность, которая во многих местах не восстановилась до сих пор. На

некоторых рудниках (Дегтярский, Карабашский, Левихинский) в период 1939-1985 гг. была организована частичная очистка шахтных вод от содержащейся в них меди путем пропуска воды через железный скрап. По этой технологии на рудниках Уральского региона из шахтных вод было извлечено около 60 тыс. т меди [4].

Как правило, для снижения pH шахтных вод и уменьшения растворимости загрязняющих веществ (в первую очередь тяжелых металлов) используют негашеную известь, гидроксид натрия (каустическую соду) или известняк. В результате формируются нерастворимые или плохо растворимые осадки, для их осаждения используются осветлительные пруды. Полученный осадок может высушиваться и в зависимости от токсичности размещается в выработанном пространстве или на специальных полигонах.

Достоинствами такого метода очистки является простота технологии, доступность и относительная дешевизна, однако для его реализации требуется большое количество реагентов, выделение значительных площадей под размещение прудов-стабилизаторов. Кроме того, не обеспечивается снижение компонентов до показателей, соответствующих нормативным требованиям [11].

Несмотря на отмеченные недостатки, нейтрализация кислых вод известковым молоком (или известковым раствором) как у нас в стране, так и за рубежом, является наиболее распространенным методом очистки больших объемов сточных вод. Такая схема очистки используется сейчас на Левихинском, Дегтярском, Ломовском, Карпушихинском, Белореченском рудниках на Среднем Урале.

В последние годы реализован ряд успешных проектов очистки шахтных вод производительностью до 15-20 тыс.м^3/сут. с получением сульфидов металлов (с использованием сероводорода) на установках BioteQ на рудниках Карибу (Caribou) и Раглан (Raglan) в Канаде, Маунт Веллингтон (Mount Wellington) и Бисби (Bisbee) в США [18, 19]. Для Левихинского и Сафьяновского месторождений разработана технология сорбционной доочистки сточных вод с попутным извлечением меди и цинка [15, 17].

Шахтные воды как источник гидроминерального сырья. Вопросы изучения и использования гидроминерального сырья активно разрабатываются в нашей стране с начала 80-х гг. XX в., когда бывшее министерство геологии СССР приняло постановление «О состоянии и расширении научно-исследовательских и геологоразведочных работ на гидроминеральное сырье».

На затопленных в настоящее время Левихинском и Дегтярском рудниках вынос металлов шахтными водами в зонах разгрузки продолжается на высоком уровне и составляет сотни (марганец, цинк) и тысячи т в год (железо). Вынос меди уменьшился более чем на порядок [11].

Содержание многих компонентов в шахтных водах значительно выше величин промышленного содержания[1]: кобальта в 73 раза, марганца в 66 раз, железа в 41 раз, алюминия в 11 раз [12]. Концентрации практически всех редкоземельных элементов (РЗЭ) в шахтных водах Левихинского рудника в десятки раз превышают промышленные содержания.

Потенциальные ресурсы РЗЭ, оцененные по суммарной массе выноса за 25 лет, составляют около 120 т, с 2007 г. по 2017 г. было вынесено на поверхность около 80 т РЗЭ. Потенциальные ресурсы цветных металлов и железа за этот же период составят около 36 тыс. т железа, 15,3 тыс. т цинка, 9,6 тыс. т алюминия, 5,8 тыс. т марганца, 60 т кобальта[2].

Суммарная извлекаемая ценность[3] цветных металлов и РЗЭ из шахтных вод в начальный период после затопления Левихинского рудника превышала 13 млн. долларов США, в последующие годы сохраняется на уровне около 4-5 млн. долларов США (таблица 1). За весь период, в течение которого концентрации компонентов будут выше, чем значения концентраций промышленного содержания (по меньшей мере в течение 25 лет), извлекаемая ценность составит около 130 млн. долларов США, или около 500 млн руб./год, при этом около половины приходится на редкоземельные элементы [4].

Эти оценки показывают, что уровень выноса ценных компонентов и их потенциальная извлекаемая ценность на объектах завершенной добычи медных рудников очень высокий.

Шахтные воды как источник загрязнения гидросферы. Можно выделить три основных пути поступления загрязняющих веществ в поверхностные водотоки: 1) от точечных источников со сточными водами, возникновение которых связано с техногенной деятельностью; 2) с водами поверхностного (склонового) стока, формирующихся при таянии снегового покрова, во время дождей; 3) с подземными водами, загрязнение которых произошло на горнопромышленной территории.

В пределах водосборов, где расположены отработанные рудники, одним из основных источников загрязнения поверхностной гидросферы является сброс очищенных шахтных вод. Степень очистки шахтных вод затопленного Левихинского рудника достаточно высокая и составляет от 85-90% (для сульфат-иона, марганца, цинка, меди) до 98% (для железа).

Тем не менее, сточные воды, сбрасываемые в р.Тагил, имеют значительные превышения ПДК и более высокие содержания компонентов, чем в период отработки: по марганцу в 12 раз (от 3,8 до 46 мг/л), железу в

[1] Методические рекомендации по изучению и оценке попутных вод месторождений полезных ископаемых в целях их использования в качестве гидроминерального сырья. М.: ВСЕГИНГЕО, 1985.

[2] Например, Уральская горно-металлургическая компания производит из техногенных отходов около 80-90 т/год селена, в том числе 4-5 т/год - на Кыштымском медеплавильном комбинате [8].

[3] Ценность запасов в недрах [3].

[4] Потенциальная извлекаемая ценность компонентов в кислых шахтных водах на месторождении Айрон Маунтен (Iron Mountain, США) оценивается суммой более 20 млн $ США (без учета РЗЭ) за период с 1994 по 2002 год [19].

11 раз (от 7,1 до 78 мг/л), цинку в 6 раз (от 17 до 105 мг/л). В целом степень загрязнения вод р.Тагил тяжелыми металлами после затопления Левихинского рудника увеличилась в 3,5 раза, особенно по железу (от 0,7 до 4,3 мг/л) и цинку (от 0,65 до 1,97 мг/л).

Таблица 1

Ранжированный ряд по извлекаемой ценности цветных металлов и РЗЭ из шахтных вод Левихинского рудника после его затопления[5]

Элемент	Извлекаемая ценность, тыс. $ США/год		Элемент	Извлекаемая ценность, тыс. $ США/год	
	2008 г.	2013 г.		2008 г.	2013 г.
цветные металлы			Nd	605	282
Zn	3212	891	Gd	230	95
Al	2016	1111	Ce	220	84
Mn	988	175	Pr	144	70
Co	183	45	Sm	124	61
РЗЭ			Er	82	39
Dy	2015	876	Lu	66	31
Eu	1511	636	Yb	64	30
Y	557	320	Ho	54	24
Tb	625	283	La	55	18
Итого				13172	5152
В том числе РЗЭ				6352	2850
В том числе цветных металлов				6820	2302

Примечание. Для расчета использованы: по цветным металлам – данные Лондонской биржи, среднее – сентябрь 2012-август 2014 г., URL: http://www.lme.com; по РЗЭ – анализ динамики цен на РЗМ, URL: http://tdm96.ru/?p=829.

Величина экологического ущерба водным объектам от сброса сточных вод после затопления Левихинского рудника составляет 120 млн. руб. в год (для сравнения при отработке рудника ущерб оценивается величиной 200 млн. руб. в год). При этом величина предотвращенного экологического ущерба на порядок больше [12].

В зависимости от этапа освоения месторождения изменяется значимость компонентов, вносящих основной вклад в экологический ущерб: при отработке это была медь (65%), после затопления – цинк (57%). Предотвращенный ущерб наиболее значим в результате очистки шахтных вод от цинка, железа, марганца.

Выводы. Шахтные воды отработанных медноколчеданных рудников после затопления характеризуются более высокой минерализацией, содержание тяжелых металлов (кроме меди) и редкоземельных элементов также возрастает в несколько раз, соответственно, степень загрязнения

[5] Для сравнения - в период отработки потенциальная извлекаемая ценность в среднем в год составляла 3,9 млн $ США, в том числе 2,4 млн $ США цветных металлов и 1,5 млн $ США РЗЭ (в современных ценах).

водных объектов в старопромышленных горнодобывающих районах Среднего Урала после прекращения добычи не уменьшается. Отработанные медноколчеданные рудники являются значимым источником загрязнения гидросферы, при этом шахтные воды представляют собой обеспеченный возобновляемый источник цветных металлов и редкоземельных элементов и могут рассматриваться как месторождения гидроминерального сырья. Потенциальная извлекаемая ценность компонентов превышает затраты на обеспечение ежегодной нейтрализации кислых шахтных вод и величину экологического ущерба от сброса очищенных шахтных вод.

Извлечение цветных металлов и редкоземельных элементов из шахтных вод позволит не только снизить экологическую нагрузку на гидросферу, но в значительной мере компенсировать затраты на нейтрализацию кислых шахтных вод, что является одним из важнейших способов достижения эколого-экономического баланса горнопромышленных территорий.

Литература

1. *Грязнов О.Н., Палкин С.В., Новиков В.П., Востроknутов А.Г., Катаев А.М.* Дренажные воды - источник техногенного гидроминерального сырья на Урале // Изв. вузов. Горный журнал. 1997. № 11/12. с.58-65.

2. *Елохина С.Н.* Техногенез затопленных рудников Урала: автореферат дис. докт. геол.-мин. наук. Екатеринбург, УГГУ, 2014. 43 с.

3. *Душин А.В.* Теоретико-методологические основы государственного регулирования воспроизводства минерально-сырьевой базы: автореферат дис. докт. геол.-мин. наук. Екатеринбург: ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», 2014. 46 с.

4. *Зотеев О.В., Корнилков С.В.* Перспектива извлечения цветных металлов, выносимых на поверхность рудничными водами на отработанных месторождениях // Изв. ВУЗов: «Горный журнал». Уральское горное обозрение. 1995. № 5. с.111-125.

5. *Корнилков С.В., Антонинова Н.Ю., Рыбников П.А., Дмитриев А.Н.* Технолого-экономические аспекты переработки техногенно-минеральных образований горнорудных предприятий // Труды Конгресса с международным участием и Конференции молодых ученых «Фундаментальные исследования и прикладные разработки процессов переработки и утилизации техногенных образований». Екатеринбург: УрО РАН, 2017. с.34-38.

6. *Орехова Н.Н., Шадрунова И.В.* Образование и комплексная переработка природно-техногенных вод при эксплуатации медно-цинковоколчеданных месторождений. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. 185 с.

7. *Плюснин А.М.* Основы геоэкологической безопасности при разработке рудных месторождений // Сергеевские чтения. Геоэкологическая безопасность разработки месторождений полезных ископаемых материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии в рамках Года экологии в России. Научный совет РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. 2017. с.261-266.

8. Постановление Правительства Свердловской области №736-ПП «Об утверждении областной государственной программы «Экология и природные ресурсы Свердловской области» на 2009-2011 гг.».

9. *Романова О.А.* «Ресурсный национализм» в условиях реиндустриализации отечественной экономики / Труды Конгресса с международным участием и элементами школы молодых ученых "Фундаментальные исследования и прикладные разработки процессов переработки и утилизации техногенных образований". Екатеринбург: УрО РАН, 2014. с.124-128.
10. *Рыбаков Ю.С.* Охрана и предотвращение загрязнения водных объектов от стока с техногенных образований: автореферат дис. докт. техн.наук. Екатеринбург: РосНИИВХ, 1998. 40 с.
11. *Рыбникова Л.С., Рыбников П.А., Тютков О.В.* Оценка влияния затопленных медноколчеданных рудников на водные объекты Среднего Урала // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2014. № 6. с.77-91.
12. *Рыбникова Л.С., Рыбников П.А.* Эколого-экономическая оценка шахтных вод на примере затопленных медноколчеданных рудников Урала // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2016. № 1. с.52-65.
13. *Рыбникова Л.С., Рыбников П.А.* Гидрогеологические исследования в горном деле на постэксплуатационном этапе // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2018. №. 4. с.25–39.
14. *Табаксблат Л.С.* Техногенные попутные воды месторождений Урала // Известия вузов. Горный журнал. 1997. № 11-12. с.66-76.
15. *Тимофеев К.Л.* Сорбция тяжелых металлов из стоков горно-металлургических предприятий: автореферат дис. … канд. техн. наук. Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2013. 23 с.
16. *Чантурия В.А., Макаров В.Н., Макаров Д.В.* Экологические и технологические проблемы переработки техногенного сульфидсодержащего сырья. Апатиты: КНЦ, 2005. 227 с.
17. *Черный М.Л.* Сорбционное извлечение редкоземельных и цветных металлов из шахтных вод и пульп: автореферат дис. канд. техн. наук. Екатеринбург: «Уральский государственный технический университет - УПИ», 2005. 24 с.
18. *Nodwell M., Kratochvil D.* Sulphide precipitation and ion exchange technologies to treat acid mine drainage. ICARD 2012. 9 International Conference on Acid Rock Drainage, Ottawa, ON. 2012.
19. *Nordstrom D.K., Bowell R.J., Campbell K.M., Alpers C.N.* Challenges in Recovering Resources from Acid Mine Drainage // Mine Water and Circular Economy. IMWA 2017. Wolkersdorfer C., Sartz L, Sillanpää M., Häkkinen A. (Editors). Lappeenranta, Finland. 2017. P. 595-602.

ОМОНОЛИЧИВАНИЕ ОТХОДОВ БАЙКАЛЬСКОГО ЦБК ДЛЯ СНИЖЕНИЯ НАГРУЗКИ НА ЭКОСИСТЕМУ ОЗ. БАЙКАЛ

Е.Н. Самарин, Н.С. Кравченко, О.В. Зеркаль, М.С. Чернов, И.А. Родькина

МГУ имени М.В. Ломоносова, 119899, Москва, Ленинские горы, д.1, геологический факультет. E-mail: samarinen@mail.ru

Введение. Озеро Байкал является уникальным во всех отношениях природным объектом, внесенным в 1996 г. в список Всемирного наследия ЮНЕСКО. Это одно из самых древнейших озер планеты и самое глубокое озеро в мире, в котором содержится около 19% пресной воды. Наибольшую техногенную нагрузку на экосистему Байкала оказывал и оказывает Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат (Байкальский ЦБК) и его отходы, запущенный в эксплуатацию в 1966 г. Байкальский ЦБК за более чем 40 лет своего существования нанес существенный экологический ущерб окружающей среде. Одним из проявлений этого ущерба являются полигоны по складированию промышленных отходов, расположенных в прибрежной зоне оз.Байкал.

Отходы Байкальского ЦБК. Технологическая схема Байкальского ЦБК предусматривала химическую очистку сточных вод, при которой образуется осадок – шлам-лигнин. К моменту ввода в эксплуатацию комбината не существовало технологии переработки шлам-лигнина. В связи с этим было принято решение о складировании шлам-лигнина в жидком виде в осадконакопителях (картах). Карты-накопители шлам-лигнина были введены в эксплуатацию в 1966-1969 гг. В 1973 г. был построен завод по обезвоживанию и сжиганию шлам-лигнина. Однако технология по обезвоживанию шлам-лигнина оказалась несовершенной, и завод пришлось реконструировать. В результате вновь образованный в технологическом процессе Байкальского ЦБК шлам-лигнин сгущали до концентрации 20-30%. Полученный концентрат высушивался и сжигался в печах, специально предназначенных для этих целей. Шлам-лигнин из существующих карт накопителей также пытались утилизировать тем же способом, что и вновь образованный шлам-лигнин. Однако в шлам-лигнине из карт-накопителей обнаружили газообразные продукты анаэробного распада, и предложенный способ утилизации сочли непригодным.

До остановки Байкальского ЦБК в 2008 г. проблема ликвидации отходов целлюлозно-бумажного производства никак не решалась. За годы работы комбината накопилось более 6,2 млн. т отходов, хранящихся в «картах-накопителях». Для хранения накопленных за период эксплуатации Байкальского ЦБК отходов были задействованы два полигона «Солзанский» и «Бабхинский».

На полигонах «Солзанский» и «Бабхинский» долгие годы накапливались различные типы отходов производства и потребления Байкальского ЦБК. Помимо шлам-лигнина на полигоны сбрасывались золошлаки от сжигания углей, различные отходы – твердые бытовые, коросодержащие и строительные. Сейчас шлам-лигнин, как основной компонент отходов, накопленных БЦБК, представляет собой многокомпонентную коллоидную систему, содержащую большое количество токсичных веществ, находящихся как в твердом, так и в растворенном состоянии. Жидкая и твердая фазы плохо разделены между собой.

Отходы комбината в различных картах-накопителях имеют очень разный состав, который обобщенно можно представить в следующем виде: обводненный шлам-лигнин, золу от сжигания шлам-лигнина, золу и шлаки от сжигания угля и содержат большое количество различных загрязняющих веществ (в том числе сероводород и формальдегид), которые попадают в Байкал с подземными и паводковыми водами. По составу шлам-лигнин представляет собой: лигнинные вещества – 50-53%; активный ил – 15-25%; глинозем – 5-10%; полиакриламид – 5%; целлюлозное волокно – 5%. Ситуацию осложняет высокая водоудерживающая способность отходов: влажность шлам-лигнина может достигать 94%, золошлакового отхода – 38%.

Существующие подходы к омоноличиванию накопленных отходов Байкальского ЦБК. Для решения проблемы утилизации отходов Байкальского ЦБК, в которых преобладает шлам-лигнин, снижения уровня их экологической опасности, различными организациями было предложено провести их омоноличивание. Иркутским национальным исследовательским техническим университетом (ИрНИТУ) совместно с Лимнологическим институтом СО РАН и ВЭБ Инжиниринг была предложена серия рецептур, для которых характерна попытка использования цемента и извести в качестве гидравлических вяжущих для отверждения смеси шлам-лигнина и золошлакового отхода (в различных соотношениях). После твердения образцы имели прочность на раздавливание до 1 МПа, однако, при хранении в стоячей воде они существенно размягчались.

Тульским НИГП совместно с ИрНИТУ дополнительно предлагалась рецептура на основе гипса, нанодисперсного диоксида кремния с углеродными добавками, мраморной крошки и цемента, Полученные образцы после твердения имели прочность до 2 МПа, однако также не отличались водостойкостью.

В ООО «НТЦ «Технологии XXI» была предложена рецептура омоноличивания шлам-лигнина на основе минеральной комплексообразующей добавки (МКД) с добавлением цемента и минерального грунта. Полученные композиты имели прочность до 0,5 МПа в воздушной среде и 0,3 МПа после водонасыщения.

Таким образом, при использовании ранее предложенных рецептур порог «самонесущей прочности» (оценивается на уровне 5-7%), вполне успешно преодолевается для большинства рецептур. Вместе с тем, полученные композиты не обладают достаточной водопрочностью.

Предлагаемые подходы к совершенствованию методов омоноличивания накопленных отходов Байкальского ЦБК. Представляемые исследования базировались на следующем положении. Так как состав отходов БЦБК в различных картах неоднороден, омоноличивание только шлам-лигнина не является полным решением поставленной задачи. Следовательно, необходимо найти такой состав компонентов, который подходит как для карт, содержащих шлам-лигнин, так и лигнин в различных соотношениях с золошлаковыми отходами.

Известно, что лигносульфонат, являющийся основным отходом бумажного производства твердеет под действием кислых *redox* отвердителей, причем, чем ниже pH, тем более прочный полимер получается. Из наиболее известных вариантов были протестированы бихромат натрия и гексацианоферрат (III) калия в комплексе с перекисью водорода. В первом случае, отверждения гидролизного шлам-лигнина не наблюдается. Во втором, при добавлении красной кровяной соли и перекиси водорода наблюдается быстрое увеличение вязкости системы, последующее расслоение, сильная усадка, появление трещин на поверхности композита. В дальнейшем была протестирована серия рецептур на основе вяжущих, твердеющих по различным механизмам. За основной критерий для оценки эффективности омоноличивания отходов принималась прочность на одноосное раздавливание цилиндрических образцов высотой 4 см и диаметром 2 см, определение которой проводили через 7 суток твердения в воздушно-влажной среде на приборе МП-2С.

Кратко полученные результаты можно свести к следующему.

Рецептура, основанные на использовании коллоидного кремнезема:

1. 70% лигнина + 25% коллоидного кремнезема + 5% перекиси водорода.

Время гелеобразования композита превышает 30 минут, что вполне подходит для проведения работ по смешению и укладке. Достаточно прочный композит, с прочностью на раздавливание на уровне 0,4-0,5 МПа. При добавлении золы в любом соотношении со шлам-лигнином вязкость реакционной смеси увеличивается мгновенно, а прочность композита после твердения резко уменьшается.

Рецептуры, основанные на использовании цемента и коллоидного кремнезема:

2. 40% лигнин + 40% зола + 10% цемента + 10% мл коллоидного кремнезема – не прочная, появление трещин на поверхности на второй день.

3. 30% лигнин + 30% зола + 7,5% цемента + 7,5% коллоидного кремнезема + 25% мелкий кварцевый песок – наиболее прочная и экономически перспективная рецептура с использованием цемента.

Рецептуры, основанные на использовании персульфата аммония и перекиси водорода:

4. 80% лигнина + 7,5% персульфата аммония + 12,5% перекиси водорода – быстро увеличивается вязкость, твердеет за 20 минут, полученный композит является непрочным. Добавление коллоидного кремнезема не эффективно.

Рецептуры, основанные на использовании жидкого стекла:

5. 40% лигнина + 40% золы + 16% жидкого стекла + 1,5% персульфата

аммония + 2,5% перекиси водорода;

6. 27,5% лигнина + 52,5% золы + 16% жидкого стекла + 1,5% персульфата аммония + 2,5% перекиси водорода;

7. 52,5% лигнина + 27,5% золы + 16% жидкого стекла + 1,5% персульфата аммония + 2,5% перекиси водорода.

Получаемый композит твердеет за 10-20 минут. При этом прочность на сжатие максимально достигает 0,2-0,3 МПа.

8-10. Те же рецептуры с добавление в пропорции 1:1 с лигнином и золой мелкого кварцевого песка.

Получаемый композит твердеет за 15-25 минут. Прочность возрастает в 1,5-1,7 раза.

11. 44,5% лигнин + 44,5% мелкий песок + 8,5% жидкого стекла + 1% персульфата аммония + 1,5% перекиси водорода.

Получаемый композит твердеет за 20-25 минут. Прочность на раздавливание достигает 0,5-0,6 МПа.

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод, что добавление структурирующего агента (кварцевый песок) положительно сказывается на прочности конечного композита.

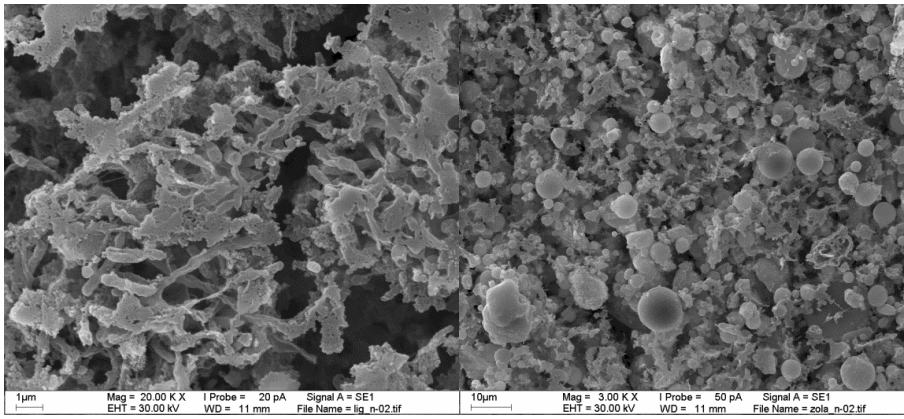
Рецептуры, которые могут быть рекомендованы к дальнейшему исследованию:

80% лигнина + 16% жидкого стекла + 2,5 мл перекиси водорода + 1,5% персульфата аммония;

40% лигнина + 40% золы + 16% жидкого стекла + 2,5 мл перекиси водорода + 1,5% персульфата аммония;

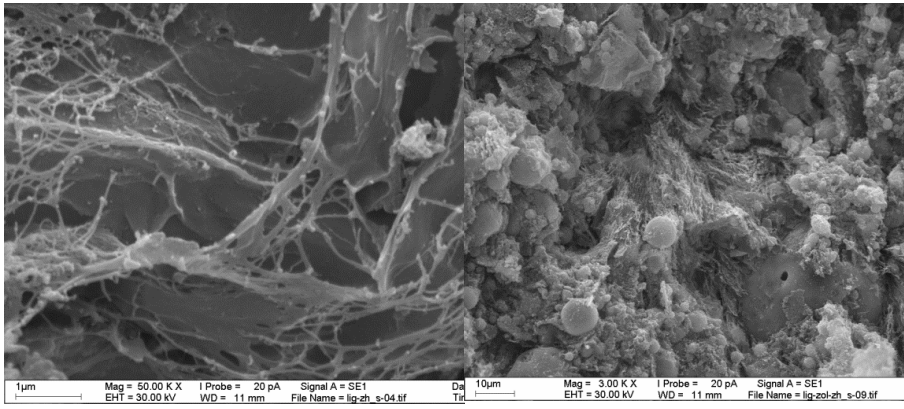
Прочность получаемых композитов достигает 0,6-0,7 МПа. Усадка в образцах с одним шлам-лигнином составляет 15%, а в образцах содержащих шлам-лигнин и золу в соотношении 1:1 – 10%. Трещин на поверхности композитов не образуется. При испытании на одноосное сжатие наблюдается сжатие образца и образование трещин только на боковой поверхности. После снятия нагрузки образец восстанавливает исходную форму.

Обсуждение полученных результатов. Гидролизный лигнин представляет собой преимущественно линейные полимерные цепочки, которые не образуют объемной структуры, что подтверждается исследованием образцов под электронным микроскопом (рис. 1). Добавление жидкого стекла также не изменяет ситуацию – объемный гель не образуется (рис. 2). При этом в композитах возникает только псевдоглобулярная структура. Конечный композит может быть изменен добавлением золы, т.к. при этом появляется структурообразующий скелет из пылеватых частиц, однако объемный гель также не формируется (рис. 2). Это объясняет рост начальной прочности образцов, однако, высокие скорости выщелачивания компонентов геля при взаимодействии даже со стоячей водой быстро приводят к деградации всей структуры в целом. Кроме того, при взаимодействии композитов с водой (атмосферные, талые, паводковые воды) происходит интенсивный вынос органических веществ, что также осложняет процесс омоноличивания.



Лигнин Зола

Рис.1. РЭМ-изображение исходных образцов.



На основе лигнина На основе зол

Рис.2. РЭМ-изображение композитов на основе жидкого стекла.

Заключение. Возможные пути решения проблемы. В связи со значительной влажностью, вследствие частичного биологического разложения и воздействия атмосферных осадков, для уменьшения объема и массы лигнинсодержащих отходов целесообразно выполнить их обезвоживание. В связи с тем, что сооружение механических цехов обезвоживания влечет за собой значительные экономические затраты на капитальное строительство и заметные эксплуатационные расходы необходимо обезвоживание проводить на месте складирования отходов.

На сегодняшний день такие технологии существуют и применяются, чаще всего, для обезвоживания осадков сточных вод, Это технология обезвоживания отходов в геосинтетических тубах (замкнутых крупноразмерных геосинтетических оболочках), позволяющая избежать чрезмерных расходов и обеспечить улучшение экологической обстановки.

После проведения обезвоживания могут быть намечены два направления дальнейшего решения проблемы:

1. Оставить отходы в тубах, захоронив их в модернизированных с помощью современных технологий в уже существующих картах-накопителях с последующим перекрытием по современным технологиям, озеленением территорий и вписыванием территорий в существующий ландшафт.

2. Так как лигнин по теплопроводной способности близок к сланцам и бурым углям и отличается низкой зольностью, перспективным было бы его использовать в виде топлива. Например, производить топливные брикеты в смеси с опилками для отопления жилых домов региона. Производство по брикетированию возможно создать в цехах бывшего Байкальского ЦБК, тем самым создав рабочие места для жителей г.Байкальск. Что позволит решить не только экологическую и социальную проблемы, но и будет весьма выгодно экономически. Вероятно, что доходы, полученные от топливных брикетов, в значительной мере покроют расходы на обезвоживание и брикетирование отходов. Однако следует отметить, что подобное решение требует дополнительных исследований.

Литература

1. Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2009году». – Иркутск: Сибирский филиал ФГУНПП «Росгеолфонд», 2008. – 443 с.

2. Информационно-аналитические материалы, подготовленные к заседанию Межведомственной комиссии по вопросам охраны озера Байкал 27.05.2009 «О проблеме ликвидации накопленных отходов в результате деятельности байкальского ЦБК». – Иркутск, 2009. – 18 с.

3. *Ларионова Н.А.* Использование промышленных отходов в качестве вторичного минерального сырья для получения строительных материалов с заданными свойствами/ Под ред. В.Т. Трофимова. – М.: ГеоИнфо, 2017. – 500 с.

4. *Тимофеева С.С., Черемис Н.В., Шенькман Б.М.* Современное состояние поверхностных, подземных и сточных вод в зоне воздействия шламонакопителей Байкальского целлюлозно-бумажного комбината//Современные наукоемкие технологии. 2008. – № 5.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕРРИТОРИИ КИЗЕЛОВСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА И ИХ КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ

А.М. Сединин, Н.Г. Максимович, В.Т. Хмурчик, А.Д. Деменев, О.А. Березина, О.Ю. Мещерякова

Естественнонаучный институт Пермского государственного национального исследовательского университета, 614990, г. Пермь, ул.Генкеля, д.4.
E-mail: sedinin_alexey@mail.ru

Угленосные формации занимают 15% площади земной коры, а общие ресурсы угля оцениваются в 16-20 трлн. т. Доля угля в мировом энергетическом балансе на сегодняшний день составляет около 25% [14]. При этом из недр извлекается около 6 млрд. м^3 шахтных вод, 26,5 млрд. м^3 метана, 16,8 млрд. м^3 углекислого газа, а масса вскрышных пород составляет около 20 млрд. т. Значительные объемы попутно извлекаемых материалов приводят к различным экологическим проблемам, как во время работы месторождений, так и после их ликвидации [7, 17, 21, 22]. Одними из наиболее серьезных проблем являются:

- формирование кислых шахтных вод. Эти воды образуются в результате взаимодействия подземных вод с серосодержащими угленосными породами, приводящего к их закислению и формированию загрязнения с превышением ПДК по сульфат-ионам и ионам тяжелых металлов (Fe, Al, Cu, Mn и др.) в тысячи раз;
- накопление отходов добычи угля в виде породных отвалов и шламов, формирующиеся стоки с которых содержат большое количество загрязняющих веществ;
- нарушение естественных гидрогеологических условий территорий;
- выведение значительных территорий из хозяйственного пользования и др.

Распространение кислых шахтных вод и стоков с породных отвалов приводит к загрязнению водоносных горизонтов, поверхностных вод и грунтов, влияя на качество водных ресурсов и земель. Закрытие шахт без проведения специально разработанного комплекса природоохранных мероприятий не приводит к улучшению состояния окружающей среды. В таком случае загрязнение природных компонентов может сохраняться в течение сотен лет после прекращения добычи угля. На сегодняшний день закрытые и заброшенные шахтные поля занимают около 240000 км^2 земной поверхности [20].

Для территории Кизеловского угольного бассейна (КУБ) площадью около 1500 км^2, расположенного в пределах складчатой зоны Западного Урала в непосредственной близости от Предуральского краевого прогиба (рис. 1), характерны все типичные для угледобывающих территорий экологические

проблемы. Разработка бассейна началась в 1796 г и продолжалась до начала 2000-х гг. Территория КУБа характеризуется сложными геологическими, гидрогеологическими условиями и имеет ряд уникальных особенностей. Около 75% территории бассейна расположено в зоне распространения карстовых процессов. Карст относится к голому и покрытому типам, что является одним из факторов зависимости режима карстовых вод в зоне их активной циркуляции от количества атмосферных осадков [1, 2, 4]. Под влиянием барьерного эффекта Уральских гор, на территории КУБа выпадает повышенное годовое количество осадков – до 900 мм (среднее количество осадков по Пермскому краю составляет 600-700 мм) [12]. Сложное геологическое строение и гидрогеологические условия, интенсивная закарстованность и обильные атмосферные осадки обеспечили крайне высокую водообильность угленосной толщи бассейна, в связи с чем водопритоки в шахты достигали 2500 $м^3$/ч, на 1 т добываемого угля приходилось около 7 $м^3$ откачиваемой воды [4]. Также стоит отметить, что добываемый уголь характеризовался высоким содержанием серы (до 10%) и высокой зольностью (до 21,5%) [3, 7]. Среднее содержание многих тяжелых металлов превышает средние концентрации по угольным месторождениям Восточно-Европейской платформы [7].

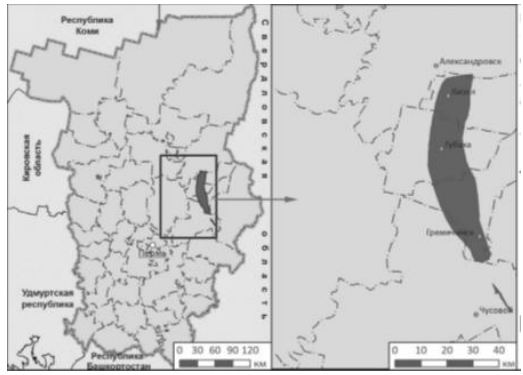


Рис.1. Местоположение Кизеловского угольного бассейна.

В период работы бассейна шахтные воды, содержащие большое количество соединений серы, железа, алюминия, марганца и т.д., сбрасывались в гидросеть практически без очистки. Постоянный и интенсивный сток шахтных вод привел к тому, что химический состав речных вод в период эксплуатации шахт приближался к химическому составу шахтных вод. Речные воды до впадения в них шахтных вод имели гидрокарбонатно-кальциевый состав при минерализации 90-150 мг/л. Ниже по течению после впадения шахтных вод они приобретали сульфатный характер с экстремально большими концентрациями Fe, Al, Mn при минерализации от 640 до 6000 мг/л. Показатель pH при этом снижался с 6,5-7,0 до 2,5-2,9 [6, 16].

Значительное воздействие на окружающую среду территории бассейна оказывали и породные отвалы, суммарное количество которых за все время эксплуатации составляет свыше 25 млн. т. Извлечение пород с глубины и складирование их на поверхности приводило к окислению пирита и других минералов с выделением тепла и самовозгоранием отвалов. В результате горения происходил выброс большого количества сероводорода и углекислого газа в атмосферу [7, 11]. Атмосферные осадки и подземные воды, взаимодействующие с породами отвалов, насыщаются различными макро- и микрокомпонентами, достигая при этом минерализации до 50 г/л, впоследствии загрязняя подземные и поверхностные воды в зоне влияния КУБа.

Закрытие шахт и прекращение откачки шахтных вод с 90-х гг. XX в. привело к постепенному восстановлению уровня подземных вод и формированию изливов через различные горные выработки (штольни, шурфы, скважины и т.д.). В настоящее время в пределах КУБа существует, по различным данным, 17 изливов шахтных вод на поверхность. Суммарный дебит большинства изливов представлен в таблице 1.

Таблица 1

Объемы шахтных вод, поступающих в речные бассейны

Река	Кол-во изливов	Объем поступающих шахтных вод, млн. м^3/год								
		2007	2009	2010	2011	2012	2013	2015	2016	2017
Косьва	8	8,46	9,57	7,60	13,39	8,87	7,12	12,48	5,87	14,71
Вильва	1	4,67	3,14	3,88	5,16	3,69	6,49	4,69	4,78	8,43
Усьва	4	0,52	0,75	0,86	0,85	0,75	0,95	2,11	0,53	1,62
Яйва	5	6,61	2,94	3,01	3,98	6,36	4,05	8,07	3,95	9,18
Общий объем, млн. м^3/год		20,26	16,40	15,35	23,39	19,68	18,61	27,35	15,13	33,94

В составе шахтных вод, по данным наблюдений, сохраняются высокие концентрации железа в различных формах (до 16000 ПДК), алюминия (до 1000 ПДК), марганца (до 2000 ПДК), pH изменяется от 2,5 до 4,3. Воды самоизливов поступают в 19 рек. В целом, загрязнение поверхностной гидросферы происходит в пределах бассейнов 4 крупных рек (табл. 1). Общая протяженность водотоков, подвергшихся загрязнению, свыше 500 км. На протяжении русел, а также в пределах затопляемых пойм накоплены значительные объемы техногенных отложений, содержащих высокие концентрации загрязняющих веществ в подвижных формах. [5, 7, 10].

С учетом мирового опыта решения экологических проблем угледобывающих территорий [15, 18, 19], а также уникальной природно-техногенной обстановки КУБа, наиболее рациональным способом ликвидации загрязнения в зоне влияния бассейна является применение методов, основанных на создании искусственных геохимических барьеров [8]. Были проведены опытно-промышленные испытания установки, процесс очистки которой основан на нейтрализации шахтных вод при взаимодействии с различными щелочными продуктами. Эффективность использования щелочных продуктов подтверждена по результатам полевых

исследований при комплексной очистке окружающей среды, проводившейся в 2002 г. в районе шахты им. 40 лет Октября. По результатам испытаний степень очистки изливающейся на поверхность воды достигала 90% [5, 7-9].

Эффективность использования щелочных продуктов подтверждена современными лабораторными исследованиями. В качестве реагентов могут использоваться маловостребованные продукты содового производства, а также мелкообломочные отсевы карбонатных пород, образующиеся при добыче известняка. Данные материалы являются побочными, что делает их использование в качестве реагента дешевым и экологически эффективным, так как происходит взаимное устранение сразу двух источников загрязнения окружающей среды.

На сегодняшний день продолжаются исследования, направленные на комплексное решение существующих экологических проблем территории КУБа, разрабатывается общая концепция проведения мероприятий по очистке окружающей среды.

Одним из мероприятий по снижению негативного воздействия кислых шахтных вод может быть метод, основанный на принципе очистки шахтных вод в выработанном пространстве за счет закачки в массив щелочных продуктов через скважины (рис. 2).

Данный способ позволяет решить несколько задач:

1) уменьшение количества загрязняющих веществ, поступающих на поверхность в местах изливов шахтных вод;

2) в случае образования осадка при взаимодействии кислых вод с щелочными продуктами может происходить постепенное тампонирование выработанного пространства;

3) уменьшение запасов мало востребованных и побочных щелочных продуктов.

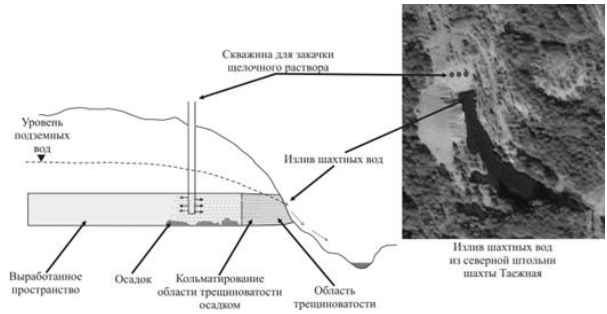


Рис.2. Ориентировочная схема нейтрализации кислых вод в выработанном пространстве шахт.

Также одним из мероприятий может являться тампонирование горных выработок, через которые в настоящее время происходят изливы кислых шахтных вод. В некоторых случаях необходимо рассмотреть и оценить возможность проведения мероприятий по снижению объемов инфильтрации

атмосферных осадков в районе изливов. Для оценки эффективности и целесообразности предлагаемых методов снижения объемов изливов кислых шахтных вод должна быть разработана геофильтрационная модель территории бассейна, позволяющая проанализировать изменение условий формирования и распространения кислых шахтных вод в условиях реализации тех или иных мероприятий.

Одним из наиболее эффективных методов нейтрализации **стоков с породных отвалов** КУБа является обработка их поверхности щелочными продуктами (рис. 3). Проведенные лабораторные исследования показывают, что перекрытие щелочными продуктами в количестве 5% от общего объема отвалов приводит к росту pH и нейтрализации стоков [13].

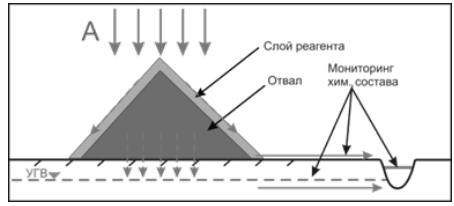


Рис.3. Схема обработки породных отвалов Кизеловского угольного бассейна.

Снижение негативного воздействия сформировавшихся в руслах рек техногенных донных отложений может быть достигнуто путем добавления маловостребованных щелочных продуктов, образующихся при разработке известняковых карьеров. Материал разносится потоком и перекрывает слой загрязняющих веществ, что приводит к улучшению экологического состояния поверхностной гидросферы территории (рис. 4). Необходимо учитывать, что целесообразным является реализация данного мероприятия в реках, в которые в настоящее время нет поступления шахтных вод и стоков с отвалов. Данная технология была опробована на территории Аппалачского каменноугольного бассейна (США) – одного из крупнейших угольных бассейнов в мире. Внесение в русло карбонатных материалов привело к очистке и восстановлению экосистемы рек на протяжении 450 км (рис. 4) [19].

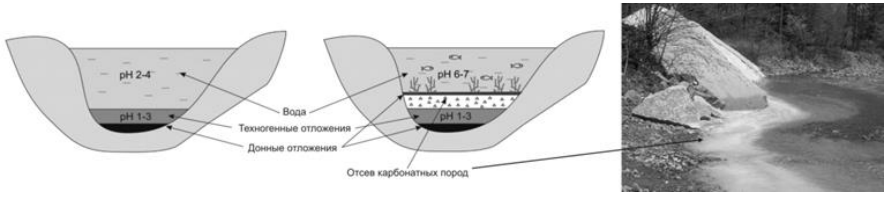


Рис.4. Схема перекрытия техногенных донных отложений щелочным реагентом.

Анализ современных экологических проблем Кизеловского угольного бассейна показал необходимость принятия комплексных мер по их решению. В связи с уникальной природно-техногенной ситуацией, сложившейся на территории Кизеловского угольного бассейна, необходима разработка концепции поэтапного проведения мероприятий по минимизации и ликвидации негативного воздействия источников загрязнения на окружающую среду с учетом всех особенностей территории бассейна. В целях уточнения и детализации современных гидрогеологических условий КУБа, выбора оптимальных технических решений по улучшению состояния природной среды территории, а также оценки предлагаемых мероприятий необходима разработка геофильтрационной модели территории. Восстановление природных компонентов окружающей среды Кизеловского угольного бассейна – достаточно длительный процесс, только поэтапные и комплексные мероприятия приведут в будущем к устранению накопившихся экологических проблем территории.

Литература

1. *Горбунова К.А., Андрейчук В.Н., Костарев В.П., Максимович Н.Г.* Карст и пещеры Пермской области. Пермь, 1992. 200 с.
2. *Горбунова К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н.* Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области. Пермь, 1990. 44 с.
3. *Клер В.Р., Неханова В.Ф., Сапрыкин Ф.Я. и др*. Металлогения и геохимия угленосных и сланцесодержащих толщ СССР. Закономерности концентрации элементов и методы их изучения. М.: Наука, 1988. 256 с.
4. *Максимович Н.Г.* Геохимия угольных месторождений и окружающая среда // Вестник Перм. ун-та. – Пермь, 1997. Вып. 4, Геология. с.171-185.
5. *Максимович Н.Г.* Использование геохимических барьеров для очистки изливов кислых вод Кизеловского угольного бассейна // Инженерная геология, 2011. с.20-25.
6. *Максимович, Н.Г., Черемных, Н.В. Хайрулина Е.А.* Экологические последствия ликвидации Кизеловского угольного бассейна // Географический вестник, 2006. № 2. с.128-134
7. *Максимович Н. Г., Хайрулина Е. А.* Геохимические барьеры и охрана окружающей среды. Пермь: изд-во ПГУ, 2011. 248 с.
8. *Максимович Н. Г., Басов В. Н., Холостов С. Б.* Установка для нейтрализации кислых шахтных вод / Патент на полезную модель № 50218 РФ МПК7 С 02 F 1/66; заявл. 14.03.05; опубл. 27.12.05, Бюл. «Изобретения. Полезные модели». № 36 (II ч.). с.350.
9. *Максимович Н. Г., Басов В. Н., Холостов С. Б.* Способ нейтрализации кислых шахтных вод и установка для его осуществления / Патент на изобретение № 2293063 РФ МПК С О2 F 1/66; заявл. 14.03.2005; опубл. 10.02.07, Бюл. «Изобретения. Полезные модели». № 4. с.350.
10. *Максимович Н.Г., Березина О.А.* Влияние ликвидированного Кизеловского угольного бассейна на химический состав речных вод // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Рациональное природопользование. Современное минералообразование: тр. VII Всерос. симпозиума с международ. участием и XIV Всерос. чтений памяти акад. А. Е. Ферсмана. Чита: ЗабГУ, 2018. с.96-102.
11. *Потапов С.С., Паршина Н.В., Максимович Н.Г.* Минералого-экологические последствия разработки угольных месторождений. Связь с геологическими условиями и способами добычи

(на примере Челябинского и Кизеловского бассейнов) // Восьмые Всероссийские научные чтения памяти ильменского минералога В. О. Полякова. Миасс, 2007. с.12-34.
12. *Пьянков С.В., Шихов А.Н.* Опасные гидрометеорологические явления: режим, мониторинг, прогноз. Пермь, Изд-во «Раритет–Пермь», 2014. 296 с.
13. *Сединин А.М.* Оценка методов нейтрализации стоков с породных отвалов Кизеловского угольного бассейна. // XI Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Геология в развивающемся мире». Пермь, 2018. с.418-421.
14. Статистический ежегодник мировой энергетики. Добыча каменного угля и лигнита, данные за 2017 год. Электронный ресурс: [https://yearbook.enerdata.ru/coal-lignite/coal-production-data.html] (дата обращения 25.11.2018).
15. *Dave S.R., Tipre D.R.* Coal mine drainage pollution and its remediation (2012). Microorganisms in Environmental Management. Ch. 32: p.720-743.
16. *Maksimovich N., Pyankov S., Khayrulina E*. Environmental assessment of closed coal mine territory using GIS analysis // Mine Water and Circular Economy, IMWA 2017. Lappeenranta, Finland, 2017. p.212-217.
17. *Maksimovich N., Pyankov S., Khmurchik V., Berezina O., Demenev A., Sedinin A.* Coal Basins and the Environment // 11th ICARD IMWA MWD Conference – Risk to Opportunity. Pretoria, South Africa, 2018. p.406-410.
18. *Skousen J, Ziemkiewicz P.F.* (2005) Performance of 116 passive treatment systems for acid mine drainage. In: Proceedings of the 22nd ASMR, Breckenridge, CO, p. 1100-1133.
19. *Skousen, J., Zipper, C.E., Rose, A., Ziemkiewicz P.F., Nairn R., McDonald L.M., Kleinmann R.L.* Review of Passive Systems for Acid Mine Drainage Treatment (2017). Mine Water Environment. V 36: p. 133-153.
20. *Wolkersdorfer, C*. Water Management at Abandoned Flooded Underground Mines (2008). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 465 p.
21. *Gonzalez-Toril E., Llobert-Brossa E., Casamayor E. O., Amann R., Amils R*. Microbial ecology of an extreme acidic environment, the Tinto River // Appl. Environ. Microbiol. 2003. 69. № 8. p.4853-4865.
22. *Gruner D. B., Hood W. C.* Geochemistry of drainage from a coal refuse pile, Plramid Mine, Perry Country, Illions // Proceedings of the Symp. on surface Mining Hydrology Sedimentology and Reclamation. Lexington. 1981. p.355-357.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ОСАДКА ШАХТНЫХ ВОД КИЗЕЛОВСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА

С.О. Сухорукова [1], П.А. Селедчик[2], С.К. Николаева [2] Е.Н. Огородникова[1],

[1] Российский университет дружбы народов, г.Москва 117198, ул.Миклухо-Маклая, д.6.
E-mail: suhorukova.svetlana@gmail.com
[2] МГУ им. М.В. Ломоносова, г.Москва, 119991, Ленинские горы, д.1.
E-mail: sk.niko@geol.msu.ru

Горнодобывающая промышленность внесла серьезный вклад в изменение экологических условий Урала. Разработка месторождений Кизеловского угольного бассейна (КУБ) началась более 200 лет назад, начиная с 1797 г. по 2000 г. Пересеченный рельеф местности и наличие глубоких речных долин способствовали разработке штолен, которые долгое время являлись основным способом вскрытия шахтных полей. Пик добычи был достигнут в середине XX в. – 12 млн. т. Однако в последующие годы добыча угля начала снижаться в связи с отработкой запасов. Тем не менее, Кизеловский угольный бассейн вплоть до начала 90-х гг. XX в. являлся единственным крупным источником коксующихся углей на Среднем и Южном Урале. В соответствии с программой реструктуризации угольной отрасли России в период с 1993 г. по 2000 г. все шахты были ликвидированы [2].

Н.Г. Максимовичем с соавторами выделены 2 стадии в истории освоения КУБ [3]. Период эксплуатации шахт связан с нарушением гидродинамического режима подземных вод и их химического состава. Средний суммарный водоприток в шахты составлял 12-14 тыс. $м^3$/ч, при этом главную роль играли карстовые воды. В реки практически без очистки сбрасывали около 100 млн. $м^3$ загрязненных шахтных вод кислого состава, содержащих большое количество сульфатов железа, алюминия, тяжелых металлов, минерализация которых составляла 2,5-19 г/л.

В годы перестройки после закрытия и ликвидации шахтного водоотлива горные выработки стали затапливаться, в некоторых случаях наблюдается самоизлив шахтных вод на земную поверхность. Их суммарный среднегодовой расход составляет около 2,5 тыс. $м^3$/ч, что в несколько раз меньше, чем в период работы бассейна, при этом минерализация возрастает до 25 г/л и более. В химическом составе наблюдается увеличение содержания железа. На загрязняемых участках рек ежесуточно формируется около 80 т техногенных донных осадков, представленных аморфными гидроксидами железа и алюминия, с высоким содержанием Mn, Cu, Ni, Zn, Pb, Cd и др. При смыве в Камское водохранилище и р.Чусовую они являются вторичным источником загрязнения рек, что представляет угрозу для централизованного питьевого водоснабжения.

Одним из методов улучшения экологической обстановки на территории КУБ является строительство очистных сооружений с осуществлением нейтрализации кислых шахтных вод и получением осадка. Изучение физико-механических свойств осадка, а также оценка возможности использования его в прикладных целях могут послужить частичному решению проблемы загрязнения территорий шахтными стоками посредством интеграции осадка в другие области инженерной деятельности.

Определение состава и свойств осадка проводилось в экспериментальных условиях и включало приготовление осадка и анализ его состава и свойств.

Приготовление осадка. Получение осадка осуществлялось путем нейтрализации кислой шахтной воды, с исходным водородным показателем pH=3, известковой суспензией 5% концентрации в дозировках, соответствующих pH осаждения 8, 10 и 12 единиц (ОШВ-8, ОШВ-10, ОШВ-12). Осадок собирали на фильтре и высушивали в термостате при температуре 105°С в течение 4 часов [5]. В таблице 1 приведены значения состава воды, отобранной непосредственно при самоизливе, и воды, полученной после нейтрализации и образования осадка. Сопоставление данных с действующими нормами показывает, что содержание основных компонентов после нейтрализации уменьшается на несколько порядков при всех значениях pH. Однако следует иметь ввиду, что высокие значения щелочности контактного раствора противоречат существующим ПДК.

Таблица 1

Результаты химического анализа шахтной воды (самоизлив, г.Губаха)

Объект исследования	Железо, мг/л	Бериллий, мг/л	Алюминий, мг/л	pH
Природный образец*	926,96	0,0163	42,10	3
Равновесный раствор после нейтрализации и осаждения осадка	<0,05	<0,0001	0,13	8
	<0,05	<0,0001	0,34	10
	< 0,005	< 0,0001	0,14	12,3
ПДК $_{рыб/хоз.}$	0,1	0,0003	0,04	6,5-8,5

Примечание: * – по материалам ООО «Экостройпроект» г.Пермь.

Методы исследования осадка. Приведенные ниже результаты получены в лабораториях Геологического факультета МГУ. Изучение химического состава производилось методом рентгено-флуоресцентного анализа (РФА-ЭД). Состав и содержание водорастворимых солей исследовались анализом водной вытяжки, карбонатов – с помощью кальциметра по методике И.Ф. Голубева [3]. Минеральный состав осадка определялся методом рентгеновской дифрактометрии. Микроагрегатный состав определялся пипеткой, подготовка к анализу проводилась по методу Н.А. Качинского. Анализ микростроения осадков шахтных вод изучался при помощи растрового электронного микроскопа.

Значения плотности, влажности, оптимальной влажности уплотнения, приготовление стандартных образцов композитов на основе природного грунта и полученного осадка были определены в соответствии с принятыми в грунтоведении методами [3].

Результаты исследования. Результаты определения валового химического состава осадков, полученных при разной щелочности осаждения, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Основные компоненты осадка шахтных вод ОШВ

Образец	Fe, %	Al, %	Ca, %	S, %
ОШВ-8	35,4	1,3	8,3	15,9
ОШВ-10	34,5	0,9	11,4	19,2
ОШВ-12	13,5	1,7	23,4	7,4

Из полученных результатов следует, что основными компонентами, которые определяют состав осадка, являются: железо, алюминий, кальций и сера. В составе осадка содержатся химические элементы, часть их которых относятся к поллютантам. В таблице 3 систематизированы эти химические элементы по их содержанию в %.

Таблица 3

Содержание химических элементов в составе осадка

Содержание химических элементов, %	Элементы
‹ 0,001	Мышьяк (2), кадмий, молибден, цирконий
0,001-0,01	Серебро, медь (3), свинец (30), стронций, ванадий (150), титан
0,01-0,1	Барий, калий, никель (4)
› 0,1	Цинк (23)

Примечание: в скобках приведены ПДК химических элементов в почве (мг/кг) в соответствии с СП 11-102-97 [6].

Сопоставление содержаний анионов и катионов в составе водной вытяжки позволяет предположить, что в осадке присутствуют гидрооксиды алюминия и кальция, а также сульфаты алюминия. Количество карбонатов растет с увеличением щелочности. Их образование связано с взаимодействием с CO_2 атмосферы.

Результаты рентгеноструктурного анализа осадков показали, что в них присутствуют: ОШВ-8 – гематит (Fe_2O_3), гипс ($CaSO_4 \cdot 2\ H_2O$) + небольшие примеси; ОШВ-12 – гидросульфат кальция $CaSO_4 \cdot 0{,}67\ H_2O$, гипс, гематит.

Преобладающей фракцией для всех осадков является фракция крупной пыли (0,05-0,01 мм). Содержание фракции крупного песка возрастает по мере увеличения щелочности. Фракции среднего песка и мелкой пыли для всех образцов одинаковы. По ГОСТ 25100-2011 [1] все образцы являются неоднородными и относятся к пескам пылеватым.

Анализ РЭМ-изображений показал, что для образцов характерна массивная текстура. Отчетливо прослеживаются кристаллы гипса (образец ОШВ-8, рис. 1) и гелеобразные новообразования (образец ОШВ-12, рис. 2).

Для всех образцов характерны высокая плотность частиц, высокая гигроскопическая влажность, при отсутствии пластичности, соотношение

низких ($W_г$ и $W_{опт}$) и высоких ($W_{ммв}$ и $W_т$) влажностей образцов разное (таблица 4), что требует дальнейшего изучения и выявления зависимости этих показателей от содержания соединений железа и алюминия, реакционная способность которых связана с изменением pH среды осаждения.

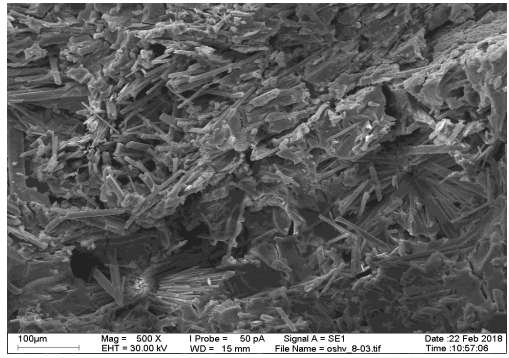


Рис.1. РЭМ-изображение образца ОШВ-8; палочковидные кристаллы гипса образуют стяжения (исследование выполнено М.С. Черновым).

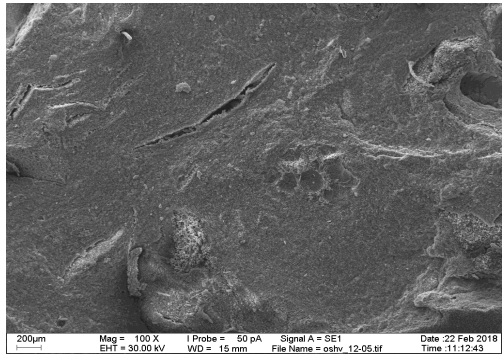


Рис.2. РЭМ-изображение образца ОШВ-12: – плотная масса образца с раковистым изломом на сколе (исследование выполнено М.С. Черновым).

Таблица 4

Плотность частиц и влажностные характеристики образцов

Образец	ρ_s, г/см^3	$W_г$, %	$W_{опт}$, %	$W_{ммв}$, %	$W_т$, %
ОШВ-8	3,28	5,8	36	36	55
ОШВ-10	3,49	3,9	13	39	88
ОШВ-12	2,79	20,5	64	60	94

Примечание: ρ_s – плотность частиц; $W_г$ – гигроскопическая влажность; $W_{опт}$ – оптимальная влажность уплотнения; $W_{ммв}$ – влажность максимальной молекулярной влагоемкости; $W_т$ – влажность предела текучести.

Изученный осадок был опробован в качестве вяжущего компонента с целью закрепления грунта. Объект закрепления – супесчаный грунт, отобранный в аллювии I надпойменной террасы р.Москвы на территории Звенигородской биостанции МГУ.

Для лабораторного эксперимента были выбраны два образца осадка: ОШВ-8 и ОШВ-12. Осадок смешивался с аллювиальной супесью в соотношении 30:70 при оптимальной влажности уплотнения, из смеси формовались образцы, которые хранились 28 суток в воздушно-сухих и воздушно-влажных условиях. На сроках хранения 7, 14 и 28 суток образцы были испытаны на прочность на одноосное сжатие, определены их плотность и влажность.

Полученные данные показывают, что по истечении времени для композитов с осадками шахтных вод отмечается рост прочности. Механизм набора прочности обусловлен формированием новообразований, что связано как с исходным составом композита, так и с условиями хранения образцов. В таблице 5 приводятся результаты испытания образцов непосредственно после их формования (исходных) и на сроки хранения 7, 14 и 28 суток.

Таблица 5

Результаты испытаний образцов грунтов-материалов

Образец	ρ_d, г/см^3	W, %	Rсж, МПа
Исходный (супесь + ОШВ-8)	1,44	30	0,26
Исходный (супесь + ОШВ-12)	1,18	54	0,40
7 суток			
Супесь+ ОШВ-8	1,52/1,55	3/18	1,55/0,31
Супесь+ ОШВ-12	1,40/1,37	3/33	2,93/0,87
14 суток			
Супесь+ ОШВ-8	1,52/1,50	3/21	1,99/0,33
Супесь+ ОШВ-12	1,41/1,35	3/30	2,09/0,53
28 суток			
Супесь+ ОШВ-8	1,47/1,47	3/23	1,42/1,54
Супесь+ ОШВ-12	1,40/1,41	3/20	2,26/1,13

Примечания: над чертой – значения показателей при хранении образцов в воздушно-сухом состоянии, под чертой – значения показателей при хранении в воздушно-влажном состоянии; ρ_d, – плотность скелета грунта; W – весовая влажность; Rсж – прочность на одноосное сжатие.

Полученные предварительные экспериментальные исследования позволяют рассматривать возможность использования изученного осадка в технической мелиорации грунтов для создания грунтов-материалов.

Литература

1. *ГОСТ 25100-2011*. Грунты. Классификация. М.: Стандартинформ. 2013.

2. *Имайкин А.К., Имайкин К.К.* Гидрогеологические условия Кизеловского угольного бассейна во время и после окончания его эксплуатации, прогноз их изменений. Пермь, Перм. гос. нац. иссл.ун-т., 2013.
3. *Лабораторные работы по грунтоведению:* уч. пособие / Под ред. Трофимова В.Т. и Королёва В.А., изд. 3-е испр. и доп. М., КДУ, 2017.
4. *Максимович Н.Г, Черемных Н.В., Хайрулина Е.А*. Экологические последствия ликвидации Кизеловского угольного бассейна. Пермь, ФГНУ «Естественно-научный институт». Географический вестник. 2006.
5. *Николаева С.К., Селедчик П.А, Сухорукова С.О., Огородникова Е.Н.* Состав и свойства осадка после нейтрализации кислых шахтных вод Кизеловского угольного бассейна // Труды Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии и природопользования» г. Москва. 26-28 сентября 2018 г. М., РУДН, 2018.
6. *СП 11-102-97* Инженерно-экологические изыскания для строительства. Дата введения 1997-08-15.

ОПЫТ РЕАБИЛИТАЦИИ ОБЪЕКТОВ УРАНОВОГО НАСЛЕДИЯ В ОПОЛЗНЕОПАСНЫХ РАЙОНАХ КЫРГЫЗСТАНА

И.А. Торгоев, Ю.Г. Алёшин

Научно-инженерный центр ГЕОПРИБОР НАН КР,Кыргызстан, г.Бишкек, ул.Медерова, д.98.
E-mail: geopribor@mail.ru

Территория Кыргызстана почти 100 лет служила одним из основных минерально-сырьевых регионов добычи радиоактивных руд в бывших Царской России и СССР [1]. В 1990-е гг. после распада Советского Союза деятельность по добыче урана на территории Кыргызстана была прекращена, оставив после себя наследие, состоящее из заброшенных площадок по добыче и переработке урана с нерекультивированными отвалами пустой породы и бедных (некондиционных) руд и хвостохранилищ, размещенных в уязвимых горных районах.

Накопление в Кыргызстане большого количества радиоактивных отходов (РАО) породило после развала СССР и беспорядочного свертывания уранового производства ряд геоэкологических проблем. Ключевыми проблемами, представляющими угрозу для окружающей среды (ОС) и безопасности жизнедеятельности населения международными экспертами были признаны [3]:

- загрязнение ОС и, в первую очередь, водных ресурсов, которые являются важнейшим определяющим фактором экономики и экологии не только Кыргызстана, но и всей Центральной Азии (ЦА);
- нарастающий рискразрушения хранилищ РАО из-за угрозы стихийных бедствий (землетрясений, оползней и обвалов, селей и паводков), характерных для высокогорных районов Тянь-Шаня, и участившихся из-за изменения климата.

До закрытия урановых рудников и горно-обогатительных комбинатов выполнялись некоторые защитные мероприятия, но с тех пор на заброшенных объектах и площадках с РАО из-за недостатка финансовых средств проводились лишь незначительные ремонтные работы. Там, где какие-то рекультивационные меры были приняты, как правило, они не соответствовали действующим стандартампередовой международной практики.

В этой связи в 2009 г. МАГАТЭ в сотрудничестве с Европейской комиссией (ЕК) разработало базовый технический документ [4] по площадкам уранового наследия в Центральной Азии. В этом документе описаны основные характеристики каждой площадки, а также риски, которые они собой представляют в том случае, если рекультивация не будет проведена. Были сделаны полуколичественные оценки общего риска для каждой площадки (и для отдельных объектов в их границах) наряду с

приблизительной сметой расходов и сроками проведения рекультивации. На основе этой оценки ряд площадок, которые представляют высокий или средний риск, был определен в качестве приоритетных для проведения их рекультивации и реабилитации загрязненных участков.

В период 2004-2013 гг. в рамках проекта Всемирного Банка «Предупреждение чрезвычайных ситуаций» (ПЧС) была проведена рекультивация объектов с высоким уровнем риска в оползнеопасной зоне г.Майлуу-Суу. В частности, геомеханически неустойчивое хвостохранилище № 3, находящееся в зоне высокого оползневого рискана берегу р.Майлы-Суу, было перенесено в более безопасное место, и аналогичным образом были перенесены отвалы пустой породы на берегах р.Кульмен-Сай, долгое время размывавшиеся водами этой реки.

Пионерный проект ПЧС продемонстрировал, что в Кыргызстане могут выполняться работы по рекультивации на площадках уранового наследия значительного масштаба. Однако в ходе затянувшегося переноса хвостохранилища № 3 в Майлуу-Суу был допущен ряд ошибок и просчетов, которые имели место и в прошлом при сооружении, эксплуатации и консервации подобных объектов в сложный период стремительной «гонки вооружений». Поскольку в недалеком будущем предстоит дальнейшая реабилитация объектов уранового наследия не только в Майлуу-Суу, но и на других площадка Кыргызстана, а именно в Мин-Куше, Каджисае, Шекафтаре, Кызыл-Джаре и Кара-Балте, имеет смысл подробно рассмотреть типичные ошибки и проблемы, возникшие при реализации проекта ПЧС.

В качестве характерного примера недальновидного подхода к рекультивации хвостохранилищ можно привести неудачный вариант выбора площадки хвостохранилища № 6, на которой складировались радиоактивные «хвосты», перенесенные из ликвидируемого хвостохранилища № 3. (рис. 1). Здесь следует пояснить, что еще задолго до начала реализации проекта ПЧС местными и международными экспертами было рекомендовано перенести «хвосты» из хранилища№ 3 на безопасные участки хвостохранилищ № 11 или № 15, расположенных в стороне от долины р.Майлы-Суу (рис.1).

Эти рекомендации, разработанные авторами настоящего доклада, основывались на сопоставительной количественной рейтинговой оценке риска различных альтернативных площадок [2], показанных на рисунке 1а. В целом по совокупности геотехнических, гидрогеологических, экологических и социально-экономических факторов наиболее предпочтительным вариантом для переноса выглядела площадка хвостохранилища № 11 (207 баллов), за ней по сумме баллов следуют подземное захоронение (192 балла), хвостохранилище № 15 (161 балл) и только после него следует выбранный подрядчиком вариант – хвостохранилище № 6 (131 балл).

Однако, исполнитель проекта ПЧС – компания WISUTEC UmwelttechnikGmbH (Германия), сославшись на высокую стоимость транспортировки РАО на удаленные хвостохранилища № 11 или № 15, настояла на переносе хвостов на хвостохранилище № 6, расположенное недалеко от хранилища № 3, на правом берегу долины р.Майлуу-Суу. Следует обратить внимание на то, что оползневой потенциал участка

левобережного склона, расположенного напротив хвостохранилища № 6 полностью не исчерпан (рис. 1b). Последняя по времени крупная подвижка оползня ТЭЦ произошла в мае 1997 г., когда в результате схода оползня ТЭЦ была разрушена автодорога и частично перекрыто русло р.Майлы-Суу. На рассматриваемом участке хвостохранилища № 6 риск прямого воздействия оползней на само хвостохранилище ничтожно мал (рис. 1b). Однако в случае оползневого блокирования русла реки не исключено образование подпруженного временного водоема, в зону затопления которого может попасть удерживающая дамба хвостохранилища № 6.

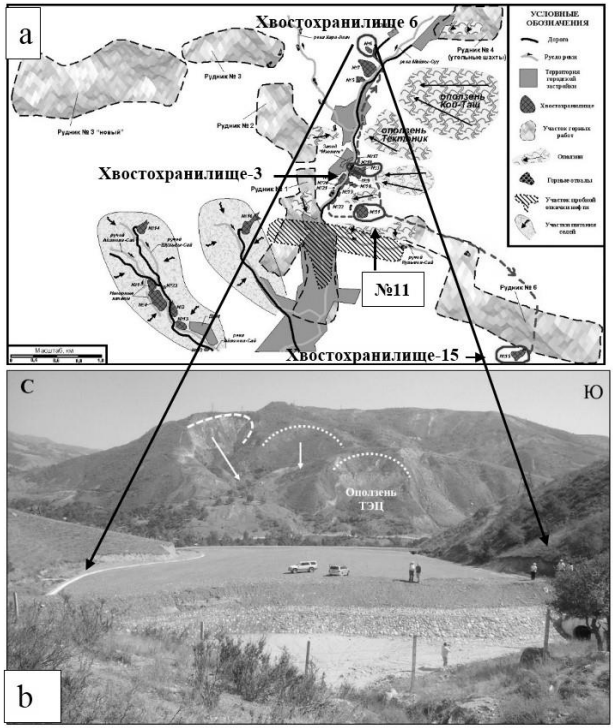


Рис.1. Урановые хвостохранилища в г.Майлуу-Суу: a) карта расположения рудников, отвалов, урановых хвостохранилищ и крупных оползней; b) фото рекультивированного хвостохранилища № 6 после размещения «хвостов» из хвостохранилища № 3, белыми пунктирными линиями показаны контуры оползней.

Рассмотренный сценарий блокирования реки и затопления хвостохранилища № 6 может отрицательно сказаться на его долговременной устойчивости и не отвечает стандартам МАГАТЭ, согласно которым хранилище РАО на поверхности Земли, в сейсмически активных и оползнеопасных горных районах может считаться только в том случае, если

защитные свойства его конструкции (ложе, борта, дамба, защитный экран): могут оставаться достаточно надежными в течение длительного периода времени (по стандартам МАГАТЭ до 200 лет); способны противостоять воздействию экстремальных факторов окружающей среды и стихийных бедствий; способны предотвратить сверхнормативную утечку вредных веществ в воду, атмосферу, почву и растительный покров.

При попытке начала работ по переносу радиоактивных «хвостов» в 2010 г. исполнители проекта ППЧ натолкнулись на агрессивное противодействие местного населения г.Майлуу-Суу и вынуждены были неоднократно приостанавливать работы по экскавации и транспортировке хвостовых материалов, которые были завершены лишь в 2013 г. Из-за этого чаша хвостохранилища № 3 оставалась обнаженной зимой и весной, когда в Майлуу-Суу выпадает наибольшее количество атмосферных осадков. В результате котлован хвостохранилища № 3 заполнялся водой от осадков и снеготаяния (рис. 2), а весной 2012 г. произошел прорыв загрязненной воды из котлована в р.Майлы-Суу, которая распространилась по руслу, вплоть до территории Узбекистана.



Рис.2. Котлован на участке хвостохранилища № 3 в г.Майлуу-Суу, наполнившийся водой, прорвавшейся в реку.

В настоящее время в рамках Межгосударственной программы «Рекультивация территорий государств, подвергшихся воздействию уранодобывающих производств», в пос.Мин-Куш начаты строительные работы по переносу уранового хвостохранилища «Туюк-Суу» на безопасный участок хвостохранилища «Дальнее». Работы выполняются Северным центром по реагированию на чрезвычайные ситуации МЧС КР по проекту, разработанному ВНИПИПТ (г.Москва).

К большому сожалению изыскатели и проектировщики ВНИПИПТ совершенно упустили из виду, то обстоятельство, что реабилитационные и строительные работы придется выполнять в зоне высокого оползневого риска, связанного с большой вероятностью обрушения оползневого склона на участке хвостохранилища «Туюк-Суу». Следует особо отметить, что еще на стадии подготовки ТЭО указанного проекта, основным риском для указанного хвостохранилища был признан оползень Туюк-Суу, из-за которого и было принято решение удалить одноименное хвостохранилище из оползневой зоны и перенести его на безопасный участок.

Большое недоумение вызывает и тот факт, что вся проектно-сметная документация, разработанная ВНИППТ, прошла экспертизу и одобрение в уполномоченных органах Кыргызской Республики (Госэкотехинспекция, Госстрой, Госгортехнадзор, ГАООСи ЛХ и т.д.), которые, как и основной заказчик – Агентство МЧС КР по обращению с хвостохранилищами не обратили внимания на то, что строительные и реабилитационные работы будут проводиться в зоне высокого оползневого риска. Хотя целым рядом Строительных норм и правил (СНиП) предусматривается особый режим проектно-изыскательских и строительных работ в оползневых районах.

При изысканиях на оползне- и обвалоопасных склонах необходимо устанавливать типы и подтипы склоновых процессов по механизму смещения пород, условия их возникновения и характер проявления, а также выявлять взаимосвязь оползневых деформаций с рельефом, геологическим строением, воздействием подземных вод, геологическими и инженерно-геологическими процессами (эрозия, абразия, выветривание, подтопление, осушение и др.), а также с результатами хозяйственной деятельности (подрезка, пригрузка склонов, изменение уровня подземных вод, уничтожение древесной растительности, динамические нагрузки и т.п.).

Однако по непонятным причинам инженерно-геологические изыскания, в оползневой зоне «Туюк-Суу» не были выполнены. Оползень «Туюк-Суу» общим объемом около 0,5-0,7 млн. $м^3$ расположен на правом борту долины р.Туюк-Суу, чуть ниже одноименного уранового хвостохранилища в пос.Мин-Куш. Согласно данным режимного мониторинга оползневые смещения, начавшиеся весной 2004 г., продолжались до весны 2018 г. со средней скоростью около 1 мм/сут.

В оползнеопасной зоне, у основания и подошвы оползня «Туюк-Суу» проектом ликвидации и переноса хвостохранилища предусматриваются крупномасштабные строительно-земляные работы, связанные с прокладкой дорог и временного водоотводного канала, проходка траншей, выемка котлованов, взрывные работы и т.п.

Летом 2018 г., в нарушение всех правил и норм была проложена технологическая дорога в подошве оползневого склона. По данным мониторинга при подрезке основания оползневого склона с целью прокладки технологической дороги были зафиксированы подвижки величиной до 30 мм/сут. Это может свидетельствовать о том, что оползень постепенно переходит в опасную стадию прогрессирующей ползучести, при которой любое внешнее воздействие на склон, в особенности подрезка основания

склона могут вызвать каскадное обрушение неустойчивых масс горных пород с блокированием долины реки оползневой дамбой высотой до 15-20 м.

При дальнейшем неизбежном снижении устойчивости оползнеопасного склона спусковым механизмом схода оползня «Туюк-Суу» могут послужить даже незначительные воздействия: взрывные работы, вибрационные нагрузки от тяжелой строительной техники и большегрузных автомобилей, при их перемещении по правобережной дороге, экскавация грунта и горных пород при прокладке временного отводного канала и прочие работы.

Особенно опасная ситуация может возникнуть при сочетании неблагоприятных природных факторов (землетрясения, экстремальные атмосферные осадки, интенсивное таяние снежного покрова, дальнейший подмыв подошвы склона вводами реки и т.п.) с техногенным прессингом, неизбежным при дальнейшем проведении строительных и земляных работ по переносу хвостохранилища Туюк-Суу в непосредственной близости от оползнеопасного склона. В этой связи, для предотвращения риска обрушения склона нами было рекомендовано категорически запретить подрезку склона и эксплуатацию правобережной технологической дороги.

К числу прочих проблем в обосновании планов и реализации проектов эффективной реабилитации урановых хвостохранилищ в Кыргызстане относятся следующие [2]:

- высокая стоимость рекультивации объектов уранового наследия и реабилитации загрязненных участков при ограниченных возможностях государственного бюджета;
- неадекватное законодательство и несовершенство регуляторных норм закрытия и реабилитации окружающей среды вокруг объектов уранового наследия;
- отсутствие специализированных проектно-строительных организаций и нехватка современного оборудования и машин для реабилитации хранилищ РАО.

Очевидно, что концепция санирования и реабилитации каждого из проблемных объектов в Кыргызстане должна строиться с учетом реальных сейсмотектонических, инженерно-геологических, климатических условий и природных рисков в районе размещения отходов [4], на основе анализа и учета ошибок и просчетов, допущенных в прошлом при сооружении, эксплуатации и консервации этих потенциально опасных в экологическом отношении объектов [3].

Литература

1.Торгоев И.А., Алёшин Ю.Г. Геоэкология и отходы горнопромышленного комплекса Кыргызстана. Бишкек: ИЛИМ, 2009 – с.105-111

2.Торгоев И.А., Проблемы реабилитации объектов уранового наследия в Кыргызстане. // Материалы Международной конференции «Проблемы радиоэкологии и управления отходами уранового производства в Центральной Азии», Бишкек, 2011- с. 126-130

3.Урановые хвостохранилища в Центральной Азии: местные проблемы, региональные последствия, глобальное решение. Рамочный документ ПРООН. – Женева 2009.
4.INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Assessment and Way Forward for Legacy Uranium Production Sites in Central Asia: an International Approach, unpublished report (working materials), IAEA, Vienna -201).

6.РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ И МОНИТОРИНГА ТРАНСФОРМАЦИИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

ДИСТАНЦИОННЫЕ ДАННЫЕ КАК ОСНОВА КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

М.В. Архипова, Т.В. Орлов

ФГБУН Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, 101000, г.Москва,
Уланский пер., д.13, стр.2. E-mail: masha-a@yandex.ru

Введение. Мониторинг состояния растительных сообществ является актуальной задачей комплексного экологического мониторинга. Использование дистанционных данных, в первую очередь современной космической съемки, позволяет оценить влияние разработки месторождения твердых полезных ископаемых на окружающие растительные сообщества. Эта оценка может быть проведена на значительной территории, не ограничивающейся только землеотводом месторождения. Результаты оценки могут использоваться как для задач мониторинга растительных сообществ, так и для контроля факторов природных опасностей, например пожароопасности.

Характеристика объекта исследования. Оценка была проведена на примере ГОК на месторождении алмазов им.М.В. Ломоносова (Архангельская область).

Рассматриваемая территория находится в зоне северной тайги. Территория занята хвойными лесами различных типов, а также верховыми болотами. Антропогенное освоение территории среднее. Распространены вырубки разного возраста, встречаются лесопосадки. На территории шла активная геологическая, в том числе сейсмическая, разведка.

Состояние современных природных систем определяется следующими факторами:

1. ландшафтно-генетическое строение территории;
2. современные климатические изменения;
3. антропогенное воздействие.

Антропогенное воздействие на природные системы территории представляет собой:

1. прямое механическое воздействие, включая выработку карьера, создание дорог и дамб, канализирование потоков и т.п.;
2. вырубки;
3. сброс технологических вод, обогащенных взвешенным материалом;
4. снижение уровней (напоров) подземных вод за счет откачек и заболачивание в местах сброса дренажных вод, формирование воронки депрессии;
5. загрязнение воздушной среды, почв и вод химическими компонентами (тяжелые металлы и нефтепродукты).

В 2004 г. начата опытно-промышленная эксплуатация месторождения.

Материалы и методы. Анализ изменения растительных сообществ под влиянием ГОК был проведен на основе разновременных снимков Landsat ETM и Landsat TM с пространственным разрешением 30 м. Для анализа выбран полигон, площадью 235,5 км^2, включающий карьер и образующуюся в результате его выработки воронку депрессии (рис. 1).

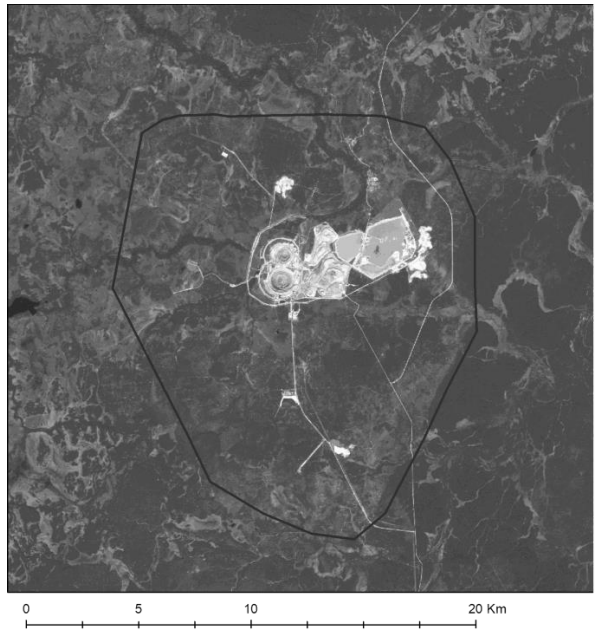


Рис.1. Полигон исследования на космической съемке.

В качестве индикатора изменений растительности выбран индекс «NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный относительный индекс растительности, простой количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы. Один из самых распространенных и используемых индексов для решения задач, использующих количественные

оценки растительного покрова» [1]. Индекс меняет свое значение от –1 до 1. Чем он выше, тем гуще и зеленее растительность.

Даты космических съемок, используемых для анализа приведены в таблице 1.

Таблица 1

Материалы и даты анализа

Снимок	Разрешение	Дата	Примечания
Landsat	30 м	18.07.2000	Разработка промышленного карьера не начата
Landsat	30 м	08.08.2007	Начало образования существенной воронки депрессии
Landsat	30 м	15.06.2014	Современное состояние

На рисунке 2 приведены примеры NDVI за различные периоды.

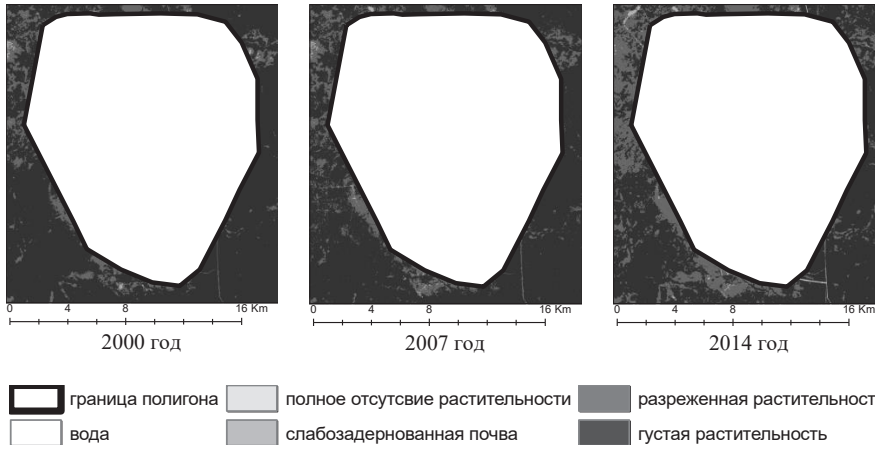


Рис.2. Значение NDVI для полигона исследования.

Изменение значения NDVI хорошо показывает антропогенные нарушения, связанные с ростом ГОК и прокладкой дорог.

К 2014 г. увеличивается количество разреженной растительности по сравнению с 2000 г. Анализ таких мест показывает, что, прежде всего, это связано с многочисленными вырубками, прошедшими в пределах полигона исследования за 14 лет (рис. 3).

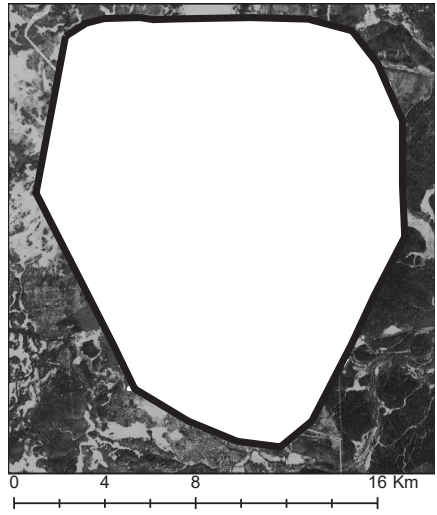


Рис.3. Вырубки, появившиеся на территории с 2000 по 20014 года (на фоне снимка Landsat март 2014 г).

Поэтому для корректного анализа влияния были выбраны лесные сообщества, незатронутые непосредственно при строительстве и работе ГОК и не подвергавшиеся рубкам за время исследования.

Результаты. В целом состояние лесных фитоценозов не изменяется. Отдельные усыхания деревьев наблюдаются по краям вырубок, что является естественным процессом. Деревья изначально находящиеся в глубине леса и привыкшие к таким условиям начинают подвергаться негативному воздействию повышенной инсоляции, ветровой нагрузки и изменению гидрологического режима. С влиянием ГОК можно связать:

- небольшое ухудшение состояния леса с 2000 г. по 2007 г. в пойме р.Золотица в западной части полигона, однако после 2007 г. этот процесс не развивается,

- ухудшение состояния небольших участков леса в зоне активного строительства дорог и проложения просек,

Были выделены следующие зоны гидрогеологического влияния карьера (рис. 34 [2],[3], соответствующие гидроизогипсам падунских отложений: 1 – 95м, 2 – 100 м, 3 – 110 м, 4 – 105 м, 5 – 115 м, 6 – >115 м.

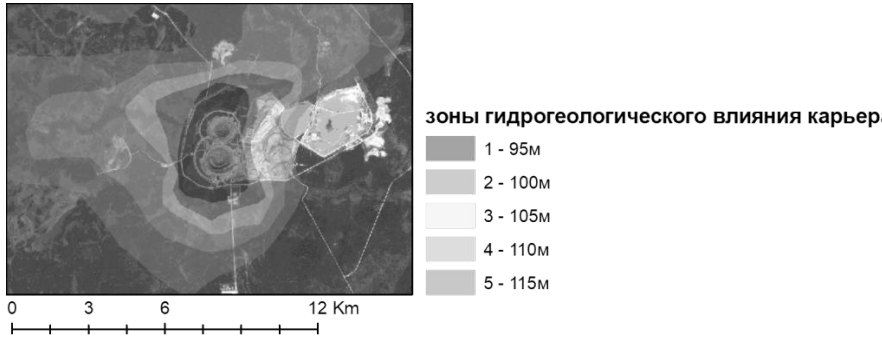


Рис.4. Зоны гидрогеологического влияния карьера (зоны соответствуют гидроизогипсам падунских отложений).

В таблице 2 и на рисунке 5 приведено соотношение зон и процента усыхания древостоя.

Таблица. 2

Зависимость количества участков усыхания с зонами гидрогеологического влияния

Зоны воронки депрессии	Доля участков ухудшения состояния древостоя, %	Доля участков вероятного ухудшения состояния древостоя, %	Доля участков улучшения состояния древостоя, %	Доля участков вероятного улучшения состояния древостоя, %
1	3,19	7,93	1,84	1,7
2	1,24	6,57	0,5	0,54
3	0,97	5,42	0,83	0,71
4	0,78	4,39	0,33	0,58
5	0,67	4,41	0,55	1,47
6	0,98	6,09	0,47	0,75



Рис.4. Процент усыхающих участков леса в пределах различных областей воронки депрессии, вызванной ростом карьера.

На основе таблицы 2 и рисунка 4 можно сделать вывод, что фиксируется незначительное увеличение зон усыхания на участках, непосредственно прилегающих к карьерам, однако на сколько-нибудь значительном расстоянии влияние воронки депрессии не наблюдается.

В целом усыхание деревьев не связано с воздействием воронки депрессии (табл. 2). По мере удаления от центра воронки депрессии процент усыхающих участков практически не изменяется, оставаясь меньше 1%. Более высокий процент усыхающих древостоев в центральной части связан с малым количеством леса, здесь, а также активным воздействием человека при расширении карьера ГОК.

Выводы:

- Основное воздействие на лесную растительность связано с вырубками леса и прокладкой транспортных и инженерных сооружений.

- Участков ухудшения состояния древостоя не много. В основном они локализованы по краям вырубок или просек. Отмечено несколько участков леса со значительным снижением NDVI в зоне соседствующей одновременно и с вырубками и строящимися линейными сооружениями. Один участок усыхания леса связан с подтоплением водами, стекающими с ППФ.

- Доля участков со значительным снижением NDVI в разных зонах воронки депрессии приблизительно одинакова и составляет около 1%, от всех лесов незатронутых вырубками и другими видами антропогенной деятельности.

- Предложенный подход может использоваться как для задач мониторинга растительных сообществ, так и для контроля факторов природных опасностей, например пожароопасности.

Литература

1. *Дубинин М.* NDVI теория и практика // http://gis-lab.info/qa/ndvi.html
2. *Шкиль И.Э., Поршнев А.И., Малов А.И.* Изменение гидрогеоэкологических условий при осушении карьеров южной группы трубок месторождения им. М.В. Ломоносова // Проблемы недропользования. 2016. № 3 (10). с.105-114.
3. *Шкиль И.Э., Поршнев А.И., Малов А.И.* Мониторинг гидрогеологических условий при разработке месторождения алмазов им.М.В. Ломоносова и его результаты // Сергеевские чтения. Геоэкологическая безопасность разработки месторождений полезных ископаемых материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии в рамках Года экологии в России. Научный совет РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. 2017. с.439-443.

КОНЦЕПЦИЯ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА СОСТОЯНИЕМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ

А.С. Балахнов

ООО «Тимано-Печорский Научно-исследовательский Центр», Республика Коми, г.Ухта, ул.Первомайская, д.45. E-mail: balahnov@tpnic.ru

В 60-е гг. XX в. человечество осознало надвигающуюся экологическую опасность и стало понятным, что сама природа не в состоянии обеспечить восстановление экологического равновесия.

В ряде международных правовых документов отмечается, что природные ресурсы составляют национальное богатство и, в конечном счете, определяют саму возможность существования человека. Вопросы сохранения биоразнообразия необходимо рассматривать как часть более широкой задачи – обеспечения экологической стабильности территории и сохранения генотипов ландшафтно-экологических структур и обеспечивающих ее геоэкологических процессов.

С каждым годом возрастает антропогенная нагрузка на природные экосистемы. В связи с этим во многих регионах России экологическая ситуация оценивается как критическая или близкая к ней. Серьезные опасения вызывает нефтеэкологическая обстановка в районах добычи, переработки и транспортировки углеводородного сырья. Практически все виды производств нефтегазового комплекса являются источниками загрязнения окружающей среды углеводородами.

За прошедшее время нефтеэкологическая ситуация не изменилась к лучшему и поэтому на сегодняшний день основной проблемой является предупреждение и ликвидация загрязнения природных экосистем нефтью и нефтепродуктами.

К основным объектам работ по экологической оценке окружающей среды следует отнести ликвидированные и законсервированные скважины, находящиеся за пределами геологических и горных отводов добывающих предприятий на территории Республики Коми (РК).

Одним из основных источников информации о состоянии окружающей среды и динамики развития экзогенных геологических процессов на участках недропользователей в настоящее время являются данные регулярных наблюдений по государственной опорной наблюдательной сети, которая включает наблюдательные пункты федерального и республиканского уровней, а основными объектами мониторинга являются: водоносные горизонты, потенциальные объекты техногенного загрязнения геологической среды в целом, нефтепромыслы, нефте- и газопроводы, а также ликвидированные и законсервированные скважины.

К сожалению, как видно из государственного доклада, количество наблюдательных пунктов с каждым годом уменьшается из-за недостатка финансирования [1].

При этом среднегодовые уровни загрязнения атмосферного воздуха во многих городах и поселках РК превышают санитарные нормы. Качество воды в большинстве водных объектов не отвечает нормативным требованиям.

К настоящему времени накоплен определенный опыт в проведении экологических исследований крупнейших месторождений РК, нефтегазотранспортных систем, объектов захоронения промстоков, водоснабжения и других. Как правило, это обособленные исследования, не объединенные в единую систему экологического мониторинга, вследствие чего недостаточно эффективны. Эффективность может быть достигнута универсализацией и комплексностью наблюдений за состоянием окружающей среды.

Эксплуатация нефтегазовых месторождений и других объектов приводит к эмиссии в атмосферу и гидросферу посторонних для природных условий углеводородных и других токсичных компонентов. Техногенная миграция углеводородов в гидросфере практически не изучена. Для обоснования защищенности питьевых вод и разработки природоохранных рекомендаций необходимо изучение природно-техногенных систем. Поэтому создание новых технологий экспериментальных исследований является одной из актуальных задач нефтегазовой отрасли [3].

Расположение нефтегазохимического комплекса (НГХК) РК с высоким содержанием сероводорода в нефти и газе вблизи водотоков – источников водоснабжения, а также необходимость сохранения уникального рыбохозяйственного комплекса требуют постановки и проведения современного мониторинга подземных вод, являющихся переносчиком различных техногенных компонентов к поверхностным водам.

Согласно [2] можно констатировать, что воды основных гидрогеологических подразделений, распространенные в сфере воздействия нефтегазодобычных комплексов и объектов, размещающихся на аккумулятивно-денудационных ландшафтах равнин и равнинных кряжей, а также на денудационных ландшафтах равнин, часто характеризуются постоянным либо эпизодическим опасным и чрезвычайно опасным загрязнением нефтепродуктами, фенолами, реже – ХПК, СПАВ и другими токсичными веществами.

Таким образом, разработка концепции комплексной системы наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза ее изменений под действием техногенных факторов (экологический мониторинг) в настоящее время является актуальной крупной научной проблемой, имеющей важное хозяйственное значение.

Поэтому основной целью является обеспечение рационального природопользования на объектах нефтегазовых комплексов на основе комплексных исследований формирования природно-техногенных систем и современных технологий.

При этом основными задачами проведения экологического мониторинга

территории ликвидированных и законсервированных скважин на территории РК являются:

– проведение анализа существующих систем экологического контроля за разработкой залежей, транспортом и хранением нефти и природного газа, захоронением промстоков, водозаборами хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, исследование закономерности формирования природно-техногенных систем в условиях нефтегазового производства и разработка концепции комплексного эколого-гидрогеологического мониторинга на нефтегазовых объектах.

– исследование фонового состояния, закономерностей формирования на основе концепции комплексного мониторинга, оценка качества водных и других природных систем месторождений РК.

– исследование источников техногенного воздействия, систематизация компонентного состава жидких и твердых отходов нефтегазового производства с позиций частоты присутствия, концентраций, геохимических свойств, нормативных показателей; оценка опасности их воздействия на природные системы РК.

– исследование масштабов распространения углеводородных (жидких и газообразных) загрязнителей в районах расположения объектов нераспределенного фонда недр и на прилегающих территориях Изучение их геохимических свойств, трансформации в свете решения проблемы загрязнения окружающей среды и его индикации.

– разработка и обобщение технологии количественной оценки техногенных процессов на основе экспериментальных исследований природно-техногенных систем и реализация их в виде рекомендаций по обоснованию защищенности питьевых вод, рациональному водопользованию, природоохранным мероприятиям в районах расположения объектов нераспределенного фонда недр.

Будут систематизированы новые данные и сведения других исследователей о распространении жидких и газообразных углеводородов в природно-техногенных системах нефтегазовых районов и прилегающих территорий.

На основе комплексных экспериментальных исследований природно-техногенных систем возможна разработка технологии, методов и методологии количественной оценки и прогнозирования техногенных процессов в условиях нефтегазового производства, реализованные в виде рекомендаций по обоснованию защищенности питьевых вод, рациональному водопользованию и природоохранным мероприятиям.

Полученные в ходе работы теоретические и экспериментальные результаты, а также данные режимных региональных наблюдений будут использованы для оценки воздействия на окружающую среду РК.

Рекомендации по рациональному водопользованию и природоохранные, а также концепция, технологии и фактические данные экологического мониторинга будут использованы для обеспечения качественного водоснабжения и повышения эффективности решения природоохранных задач (контроля за захоронением промстоков и др.) при разработке

месторождений РК.

Накопленный опыт проведения экомониторинговых исследований на объектах нефтегазового производства и ряд опубликованных за последнее десятилетие научных трудов и методических рекомендаций по результатам экологического мониторинга на месторождениях Западной Сибири (Г.И. Грива, В.Т. Цацульников, Ю.В. Кравцов, А.И. Березняков, Е.В. Волохова, Л.М. Фокина), Прикаспия (К.Е. Питьева, Л.М. Фокина, О.М. Севастьянов и др.), подземных хранилищах газа (Н.С. Немкова, Г.С. Акопова, В.И. Смирнов, Б.А. Ильичев, Э.Б. Бухгалтер и др.), газотранспортных системах (Г.А. Ярыгин, В.М. Темкин, В.И. Равикович), полигонах захоронения сточных вод (В.П. Ильченко. В.М. Кирьяшкин и др.), водозаборах хозяйственно-питьевого и технического использования показал, что сложилось несколько обособленных способов экологического контроля.

На разрабатываемых нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождениях систематические наблюдения за отдельными компонентами геологической среды проводятся с позиций не экологического, а технологического контроля за разработкой залежей и процессом их обводнения. Контроль за качеством подземных вод неглубокого залегания, используемых для хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, ведется только на участках водозаборов.

На объектах переработки нефти и газа экомониторинг, как правило, носит локальный характер. Контролируются состояние воздуха атмосферы, почв и снежного покрова в пределах рабочей и санитарно-охраняемых зон. Наблюдения за поверхностными и подземными водами ведутся при расположении водозаборов в пределах зон санитарной охраны. Экологические исследования защищенности подземных источников питьевого водоснабжения находятся на начальном этапе.

При подземном захоронении сточных вод экологический мониторинг предполагает использование скважин, обеспечивающих контроль за разработкой залежи, для слежения за поглощающим и буферным горизонтами в случае, если захоронение промстоков осуществляется под разрабатываемые залежи. Верхние водоносные горизонты контролируются на участках водозаборов, предназначенных для технического и хозяйственно-питьевого водоснабжения. Лишь в случае захоронения сточных вод в поглощающие горизонты надпродуктивных отложений в систему экологического контроля включаются наблюдательные скважины, пробуренные на верхние водоносные горизонты.

На участках нефтегазотранспортных систем исследования ограничиваются в основном контролем за качеством нефти и газа в процессе их транспортировки и локально (преимущественно на компрессорных и нефтеперекачивающих станциях) – за состоянием почв, снежного покрова и воздуха атмосферы. Наблюдения за водами неглубокого залегания на участках газопроводов и поверхностными водами вне участков транспортировки практически не проводятся. Принципы и структура проведения производственно-экологического мониторинга на участках нефтегазотранспортных систем начали разрабатываться лишь в последние

годы.

Исходя из вышеупомянутого, можно сделать вывод, что все перечисленные мероприятия по контролю должны быть объединены в единую систему экологического мониторинга, основными принципами которого должны стать универсальность и комплексность исследований, обеспечивающих количественную оценку техногенных процессов и обоснование защищенности природных вод. Для решения этих вопросов требуется разработать концепцию проведения экологического мониторинга на объектах нефтегазовых комплексов.

Комплексный характер мониторинга должен выражаться в:

– изучении взаимосвязи с подземными водами речных вод, атмосферных осадков, пород, почв, донных отложений и растительности;

– наблюдении за максимально возможным числом компонентов и источников загрязнения;

– изучении значительного числа природных и техногенных явлений и процессов;

– применении комплексного методического подхода к исследованиям.

Экологический мониторинг должен быть составной частью производственно-экологического мониторинга. Система экологического мониторинга должна включать две подсистемы: исходной информации и управления техногенными процессами. Первая предназначается для обеспечения данными наблюдений информационно-измерительной сети. Вторая осуществляет функции: сбора, накопления, обработки измерительной информации; ведения геоинформационной базы данных; оценки техногенного воздействия (опасности, ущербов, рисков) на окружающую среду и ее защищенности; прогноза экологической ситуации.

Информационно-измерительная сеть включает региональную режимную и специализированную сети. Первая необходима для комплексных наблюдений за всеми компонентами окружающей среды. Вторая обеспечивает слежение за всеми видами техногенных нарушений.

В вертикальном гидрогеологическом разрезе необходимо контролировать разрабатываемые залежи и ответственные за их обводнение водонапорные системы, поглощающий (для размещения жидких отходов) и буферные горизонты, поверхностную гидросферу. Структура информационно-измерительной сети и содержание мониторинга подлежат периодическому пересмотру и корректировке. Наряду с гидрохимическими показателями должны контролироваться гидродинамические и фильтрационные параметры водоносных пластов.

Обработка измерительной информации должна производиться на основе комплекса методов и методик, позволяющего:

– систематизировать основные виды и источники техногенного воздействия;

– изучить фоновое состояние компонентов окружающей среды и их формирование;

– провести типизацию компонентов-загрязнителей и выделить среди них

значимые на основании распространения в природно- техногенных системах, геохимических свойств и нормативных показателей;

– выявить и количественно оценить главные механизмы трансформаций загрязнителей в природно-техногенных системах путем проведения теоретических, экспериментальных исследований и натурных региональных наблюдений;

– осуществить типизацию природно-техногенных систем;

– выделить индикаторы загрязнения для типовых природно-техногенных систем и установить универсальные для нефтегазовых районов.

Контроль за процессами загрязнения должен осуществляться с помощью индикаторов. Это существенно повысит гибкость и экономичность мониторинга. Эффективность решения задачи повысится при сочетании методов химического анализа с биоиндикационным контролем.

Завершающим этапом функционирования информационно-управляющей подсистемы является разработка природоохранных рекомендаций и мероприятий с указанием их конкретной инженерно-защитной направленности и пределов применимости в различных условиях.

Литература

1. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Республики Коми в 2017 году» / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми, ГБУ «ТФИ РК». – Сыктывкар, 2018. – 142 с.

2. *Оберман Н.Г., Шеслер И.Г., Рубцов А.И.* Экогеология Республики Коми и восточной части Ненецкого Автономного округа. (Под редакцией Обермана Н. Г., Таскаева А. И., Макова В. М.). – Сыктывкар: ПрологПлюс, 2004. – 256 с.

3. *Фокина Л.М.* Формирование природно-техногенных систем нефтегазовых комплексов. Комплексный мониторинг и оптимальные технологии минимизации экологического ущерба. Автореф. дис. д-ра геол.-мин. наук: 25.00.36. – Тюмень, 2007. – 38 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ЦЕОЛИТОВЫХ ТУФОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАБАЙКАЛЬЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ РУДНИЧНЫХ ВОД

И.В. Бардамова[1], С.Г. Дорошкевич[2]

[1]Геологический институт СО РАН, г.Улан-Удэ, ул.Сахьяновой, д.6а.
E-mail: irina-bardamova@yandex.ru
[2]Бурятский государственный университет, г.Улан-Удэ, ул.Смолина, д.24а

Введение. Среди современных экологических проблем горно-промышленных районов особое место занимает проблема предотвращения загрязнения поверхностных и подземных вод.

Река Модонкуль, водосбор которой охватывает район Закаменского рудного узла несет наибольшую антропогенную нагрузку на территории Бурятии и Байкальской природной территории [2]. Техногенные потоки рудничных вод законсервированной штольни Западная Джидинского вольфрамо-молибденового комбината, изливаются на поверхность без каких-либо видов очистки, и на протяжении 800 м до впадения в р.Модонкуль загрязняют прилегающие компоненты природной среды фтором, сульфатами, тяжелыми металлами и другими токсикантами.

Поэтому, задача очистки загрязненных рудничных стоков является актуальной.

Для очистки сточных вод применяются различные методы, важнейшими из которых являются механические, химические, физико-химические и биологические. Использование физико-химических методов имеет ряд преимуществ – это возможность удаления из сточных вод токсичных, химически неокисляемых органических загрязнений, достижение более глубокой и стабильной степени очистки, возможность рекуперации различных веществ и т.п. [3] При очистке сточных вод локальных источников загрязнений (к которым можно отнести рудничные воды штольни Западная) рекомендуется использовать сорбционные методы, достоинствами которых являются высокая эффективность и возможность очистки от нескольких веществ одновременно. Среди природных сорбентов, применяемых в сорбционной очистке, важную роль играют цеолиты.

Природные цеолиты - водные алюмосиликаты щелочных и щелочноземельных металлов, начали использовать в промышленности с 1970-х гг. XX в. для очистки промышленных сточных вод от ионов аммония, токсичных и радиоактивных металлов (Hg, Pb, Zn, Cd, Sr, Pb, U), а также для очистки вод, используемых при нефтепереработке, для питьевого и промышленного водоснабжения. При этом большим преимуществом в пользу промышленного применения природных цеолитов является их низкая стоимость, причем использование цеолитов местных месторождений может дать больший экономический эффект.

Таким образом, целью данного исследования является изучение возможности сорбционной очистки сточных рудничных вод штольни Западная (Закаменский район, Бурятия) с использованием цеолитовых туфов месторождений Забайкалья.

Материалы и методы исследования. В модельных экспериментах по сорбционной очистке использовались клиноптилолитовые туфы Холинского месторождения и морденитовые туфы месторождения Бада (Забайкалье), морденитовые туфы месторождения Мухор-Тала (Бурятия) (рис. 1).



Рис.1. Расположение месторождений цеолитсодержащих пород: 1 – Холинское; 2 – Бада; 3 – Мухор-Тала.

В пробы рудничной воды в соотношениях 1:10 и 1:100 добавляли навески цеолитовых туфов ($d_{зерна} < 0{,}25$ мм). Продолжительность воздействия в статических условиях составляла 1 час. Контроль процесса - измерение pH, химического и дисперсного состава осуществляли до и после процесса сорбции.

Степень извлечения химических элементов оценивалась по формуле (1):

$$I = \frac{100 \times (Co - Cp)}{Co} \qquad (1)$$

где I – степень извлечения, %;

Со – начальная концентрация элемента в растворе,

Ср – конечная концентрация элемента в растворе (равновесная концентрация).

Анализ химического состава рудничной воды проводили в лаборатории Гидрогеологии и геоэкологии методами количественного химического анализа и в ЦКП «Аналитический центр минералого-геохимических и изотопных исследований ГИН СО РАН» методом ISP AES на приборе OPTIMA 2000 DV. Химический состав цеолитовых туфов проводился

спектрофотометрическим методом на приборе UNICO 1201, методом РФА на энергодисперсионном рентгеновском спектрометре ЭДПРС-1 и на растровом электронном микроскопе LEO-1430VP в режиме VP.

Анализ дисперсного состава проводили методом лазерной дифрактометрии в ЦКП «Научные приборы» ФГБОУ ВО БГУ с помощью анализатора частиц SALD-7500nano.

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ данных химического состава, приведенных в Таблице 1, показал, что клиноптилолитовые туфы Холинского месторождения и морденитовые туфы Мухор-Талинского и Бадинского месторождений являются высококремнистыми (соотношение Si/Al > 3).

Таблица 1

Состав цеолитовых туфов месторождений Забайкалья

Показатель	Ед. измерения	Состав цеолитовых туфов месторождений:		
		Холинское	Мухор-Тала	Бада
SiO_2	%	68	66,25	70,50
K_2O		4,08	4	3
Na_2O		1,83	2	1
Al_2O_3		12	12	11
MgO		0,27	1	1
CaO		1,88	3	3
P_2O_5		<0,03	0,03	<0,03
Fe_2O_3		0,93	1	1
Zn	г/т	61,25	38,00	30
Pb		23,33	20,03	20,8
Cd		<5	<5	5
Rb		200,00	91,15	180
Sr		56,15	735,00	190
Y		14,85	19,85	11,4
Zr		160,00	150,00	93,5
Nb		31,25	22,10	42,6
Sn		3,17	1,93	4,2
Cs		9,00	25,45	12,7
Ba		115,10	412,50	21,4
La		32,75	56,40	26,9
Ce		51,25	70,70	39,1
Cu		3,00	<3	6,4
Ag		0,10	<0,1	0,85
As		<40	<40	<40

Высококремнистые цеолиты обладают высокой селективностью к ионам одно-, двухвалентных металлов [6], вследствие чего находят достаточно широкое применение в ионообменной технологии.

Рудничные воды штольни Западная по своему составу относятся к классу сульфатных и характеризуются высокой минерализацией, довольно низким значением pH и большим содержанием взвешенных веществ. Содержания тяжелых металлов и других опасных компонентов в этих водах значительно превышают предельно-допустимые значения (Табл. 2).

Таблица 2

Гидрохимические показатели состава рудничных вод штольни и Западная

Показатели	шт. Западная	ПДК [1]
Взвешенные вещества, мг/дм3	203,7	0,25*
Сухой остаток, мг/дм3	3444	1000*
pH	3,17	6,5-8,5*
Минерализация, мг/дм3	2658,5	1000*
Жесткость воды, моль/ дм3	36	7**
Cl	83,7	350
SO4	1829,2	500
NO3	26,1	45
Ca	340,7	180
Mg	231	50
Na	102,9	200
Fe	7,4	0,3
Cu	6,71	1
Zn	27,6	1
Pb	0,24	0,01
Co	0,71	0,1

*[4], **[5]

В результате воздействия цеолитовых туфов значительно снижаются концентрации токсикантов в рудничных водах.

На диаграмме, приведенной на рисунке 2 показана степень извлечения тяжелых металлов в различных соотношениях «сорбент:рудничная вода». При соотношении 1:10 (а) высокой степенью извлечения по меди, железу и свинцу обладают все исследуемые сорбенты. По другим элементам заметно более высокую степень очистки показал клиноптилолитовый туф Холинского месторождения – I_{Zn}=91,3%, I_{Co}=81,7% и I_{Ni}=51,4% в отличие от Мухор-Талинского и Бадинского морденитовых туфов, степень извлечения у которых составила I_{Zn}=63,8%, I_{Co}=57,7%, I_{Ni}=37,8% и I_{Zn}=39,5%, I_{Co}=36,6%, I_{Ni}=24,3% соответственно.

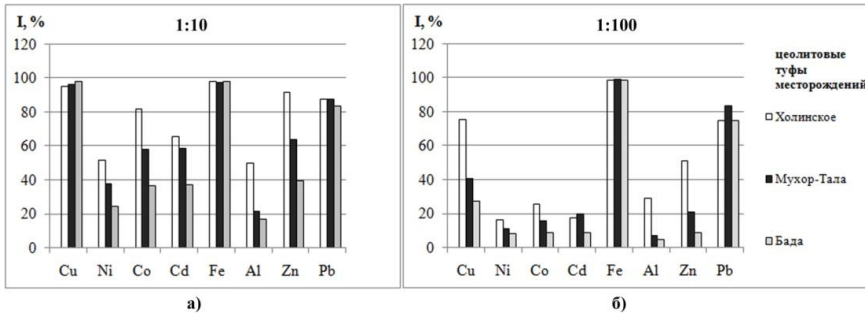


Рис.2. Степень извлечения элементов природными сорбентами после сорбции в статическом режиме, *I,%*:
а) – при соотношении фаз 1:10; б) – при соотношении фаз 1:100.

Расход сорбента при разработке схем очистки является одним из решающих параметров. В связи с этим было проведено исследование сорбционного взаимодействия цеолитовых туфов при соотношении «сорбент:рудничная вода» 1:100 (рис. 2б). Степень извлечения при таком соотношении у Холинских цеолитовых туфов колеблется от 16,2% (Ni) до 98,4% (Fe), у Мухор-Талинских – от 10,8% (Ni) до 99% (Fe), у Бадинских – от 8,1% (Ni) до 98,7% (Fe). Поскольку при данном расходе сорбента наблюдается меньший эффект очистки, чем при соотношении 1:10, то использование цеолитовых туфов с меньшим расходом в соотношении 1:100 возможно в схемах с последующей доочисткой.

Накопление элементов в твердой фазе сорбентов (цеолитовых туфов) проиллюстрировано на диаграмме (рис. 3). Физические размеры частиц исследуемых цеолитовых туфов, измеренные в реальном режиме времени с помощью лазерного дисперсионного анализатора SALD-7500nano, после взаимодействия с рудничной водой в соотношении 1:10 увеличились на 275,8% (Холинский), 301,5% (Мухор-Тала) и 17,3% (Бада).

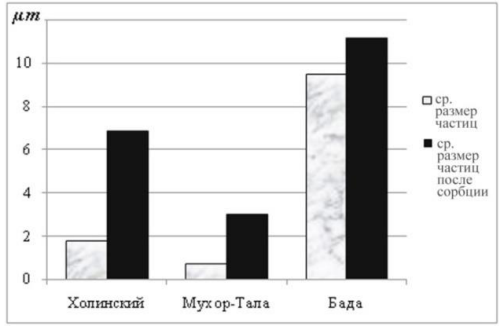


Рис.3. Размеры частиц природных сорбентов до и после процесса сорбции.

Пример сорбции свинца показан на рисунке 4.

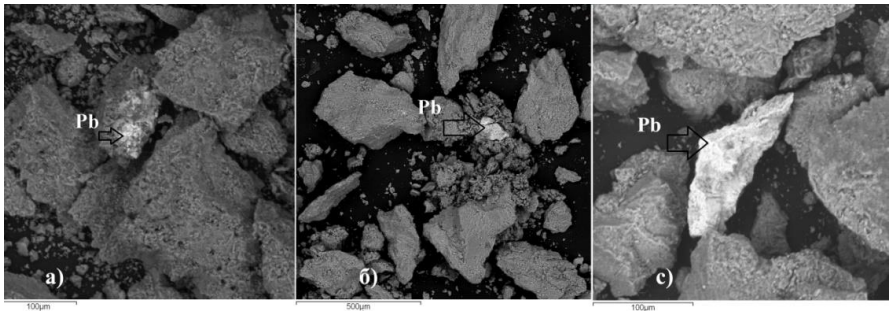


Рис.4. Новообразования Pb на зернах цеолитовых туфов месторождений: а) Холинское, б) Мухор-Тала, с) Бада.

Заключение. Происходящий процесс накопления химических элементов в твердой фазе цеолитовых туфов месторождений Холинское, Мухор-Тала и Бада подтверждается изменением химического состава рудничных вод после взаимодействия с данными сорбентами, прямыми измерениями размеров частиц методом дисперсного анализа и снимками растрового электронного микроскопа.

Цеолитовые туфы обладают высокой степенью извлечения при соотношении «сорбент:рудничная вода» 1:10 – до 100%.

При уменьшении расхода сорбентов (в соотношении 1:100) эффект очистки снижается, и использование цеолитовых туфов рекомендуется в схемах с последующей доочисткой.

Исследования выполнены при финансовой поддержке проекта ФАНО №0340-2016-0006 и гранта РФФИ № 16-05-01041.

Литература

1. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы. – Введ. 15.06. 2003.

2. Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2016 году». – Иркутск: ИНЦХТ, 2017. – 374 с.

3. *Родионов А.И.*Техника защиты окружающей среды. / А.И. Родионов, В.Н. Клушин, Н.С. Торочешников — Химия М, 1989. — 512 с.

4. СанПиН 2.1.4.559-96 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. - Введ. 24.10.96

5. СанПиН 2.1.5.980-00. ВОДООТВЕДЕНИЕ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ, САНИТАРНАЯ ОХРАНА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ. - Введ. 01.01.2001 г.

6. *Челищев Н.Ф.* Цеолиты — новый тип минерального сырья. / Н.Ф. Челищев, Б.Г. Беренштейн, В.Ф. Володин - М.: Недра, 1987. — 176с.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ СКЛАДИРОВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ (НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ ЧЕБАРКУЛЬСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА ЮЖНОГО УРАЛА)

С.В. Григорьева

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

Чебаркульский горнопромышленный район Южного Урала расположен на территории крупнейшего горнодобывающего комплекса России Магнитогорского инженерно-геологического региона. Магнитогорский регион в тектоническом отношении входит в пределы Центрально-Уральского линейного сводово-глыбового поднятия, его Южно-Уральского сложно построенного структурного сегмента [1, 2].

Чебаркульский район представляет собой холмистую возвышенную равнину с отметками поверхности 330-335 м, с общим уклоном на юго-юго-запад, принадлежит бассейну р.Коелги, приурочен к долине р.Увелька, притока р.Уй, впадающей в р.Тобол.

Поверхностные отложения района (как и всего структурного сегмента Южного Урала) представлены мощными (50-100 м) преимущественно мезозойскими корами выветривания – сильно трещиноватыми скальными породами и элювием карбонатных и глинисто-карбонатных пород глинистого состава. Именно здесь были складированы токсичные промышленные отходы металлургического завода г.Чебаркуль (ныне Уральская кузница). В 2,6 км к западу от полигона складирования отходов располагается оз.Чебаркуль.

Полигон складирования промышленных отходов завода вытянут в широтном направлении, занимает площадь около 3,4 га при мощности отходов от 2 м до 6-7 м. Высота отвалов составляет от 3 м до 7 м. В составе промышленных отходов завода – шлаки, железная окалина в результате горячей обработки (штамповки) различных марок стали и титана, металлический скраб, шлам после нейтрализации известью отработанных травильных растворов, абразивная пыль.

Известно, что складирование и хранение промышленных, как и бытовых, отходов производства приводят к своеобразным изменениям природной обстановки. Геоэкологические изменения природной среды в данном случае связаны, прежде всего, с возможным загрязнением почв, грунтов, грунтовых и поверхностных вод за пределами шламоотвалов завода.

Основная задача наших исследований – установить распространение загрязнения среды и возможного проникновения загрязняющих токсичных

компонентов промышленных отходов завода в оз.Чебаркуль – источника хозяйственно-питьевого водоснабжения города.

Для решения этой задачи была организована сеть систематического контроля и режимных наблюдений за загрязнением среды, то есть гидрохимический мониторинг. С этой целью нами было установлено два поперечных створа, в каждом из которых по три наблюдательных скважин глубиной от 12 м до 30 м.

Основными задачами этой специализированной сети наблюдательных скважин являются:

- выявление и локализация источников загрязнения подземных вод за пределами полигона шламоотвалов завода;
- определение состава и характера загрязняющих компонентов;
- определение направленности распространения загрязняющих компонентов и размеров области загрязнения подземных вод;
- изучение движения загрязняющих веществ с учетом физико-химических процессов их взаимодействия с подземными водами и породами;
- изучение природных процессов самоочищения загрязненных подземных вод;
- корректировка прогнозов распространения загрязненных вод в геологическом пласте по результатам наблюдений за их фактическим движением.

Созданная сеть наблюдательных скважин размещалась нами с учетом ряда естественных и искусственных факторов:

- местоположения и размеров источников загрязнения;
- строения водоносного горизонта и его граничных условий;
- направления и скорости естественного движения подземных вод;
- направления и скорости движения загрязненных вод;
- расположения водозаборов и путей возможного поступления к ним загрязненных вод;
- наличия имеющихся наблюдательных скважин, шурфов и т.д.

При этом проведены исследования по изменению предельно допустимых концентраций различных компонентов загрязнения природной среды. Наблюдения показали, что максимальные превышения предельно допустимых концентраций (до 50-100 ПДК и более) ряда загрязняющих элементов отмечены в воде, насыщающей отвалы. Загрязнение почв и грунтов довольно быстро и заметно уменьшается с удалением от отвалов. Уже на расстоянии 50-70 м концентрация большинства компонентов загрязнения активно снижается до ПДК.

Загрязнение грунтовых вод по большинству компонентов снижается до предельно допустимых концентраций на расстоянии 100-150 м от отвалов, за исключением алюминия, железа и марганца. При этом прослежена четкая закономерность распространения этих компонентов вниз по потоку грунтовых вод от наиболее засоленной части отвалов. Отмечено, что в поверхностных водах на таком же расстоянии содержание марганца также увеличено до 6-8 ПДК.

На расстоянии 550-800 м идет заметное снижение содержания компонентов-загрязнителей в 4-6 раз.

В составе промышленных отходов завода содержание ряда микроэлементов значительно превышает ПДК: концентрации элементов-индикаторов загрязнения по хрому превышает ПДК в 10-100 раз, молибдену – в 15 раз, никелю – в 3-15 раз, участками до 150 раз. В воде, насыщающей отвалы, значительно (до 50-100 ПДК и более) превышено содержание молибдена, никеля, титана, марганца, хрома, железа, алюминия, кобальта, бериллия, бора, рения.

Содержание в грунтовых и поверхностных водах микроэлементов I класса опасности (бериллия и селена) не превышает предельно допустимых концентраций.

Превышение предельно допустимых концентраций по алюминию, железу и марганцу в почвах и грунтах, подземных и поверхностных водах объясняется природными особенностями этого района, а именно распространением талько-хлоритовых и хлорит-серицитовых сланцев, содержащих эти компоненты, а также наличие в районе Чебаркульского месторождения марганца.

Исследования показали, что территория полигона складирования промышленных отходов в целом характеризуется II категорией защищенности, достаточной экранированностью водоносного горизонта элювиальными глинами, обладающими высокими защитными свойствами, и перекрывающими их делювиальными суглинками мощностью более 5 м.

Таким образом, воздействие полигона складирования промышленных отходов завода (шламоотвала) в принципе не представляет существенной опасности для геологической среды. Зона воздействия полигона на почвы и грунты не превышает по большинству компонентов 70 м, а на грунтовые воды зона воздействия шламоотвала достигает 150 м. Подземные воды коренных пород защищены здесь от воздействия полигона глинистой толщей элювия и делювия.

Литература

1. *Григорьева С.В., Неизвестнов Я.В.* Опыт строительства и изменение природных условий под влиянием деятельности человека. Разработка месторождений. // Инженерная геология СССР. Т.5, часть II (Урал), раздел III. Изд. Моск. ун-та,1978. с.210-216.

2. *Попов И.В., Терешков Г.М.* Инженерно-геологическая характеристика Магнитогорского региона. // Инженерная геология СССР. Т.5, часть II (Урал), раздел I, глава 9. Изд. Моск. ун-та, 1978. с.187-193.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СПУТНИКОВОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНОВ

Д.М. Ермаков, В.П. Саворский, Е.А. Лупян

Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, 141120, Московская область, г.Фрязино, пл.Введенского, д. 1. E-mail: dima@ire.rssi.ru

Одной из существенных особенностей воздействия на окружающую среду техногенных отходов и отвалов является его чрезвычайно протяженный во времени и комплексный характер. Так, например, несмотря на полное закрытие шахт Кизеловского угольного бассейна в 2002 г. негативное экологическое влияние сформированных при его разработке терриконов фиксируется до настоящего времени [2, 6]. Техногенная нагрузка, оказываемая на окружающую среду, зависит от объемов, площади, способов накопления, химического состава и ряда других характеристик отходов и отвалов [1]. В свою очередь, изменения химического и фракционного состава отвальных пород, скорость и направление их выноса в окружающую среду управляются целым рядом разномасштабных процессов: ветровой и водной эрозией (под действием осадков и грунтовых вод), самовозгорания, механического разрушения, а также зависят от рельефа местности. В связи с этим, экологический мониторинг окружающей среды горнопромышленных районов должен носить регулярный, долгосрочный и комплексный характер. В условиях России зачастую единственным средством такого мониторинга могут являться спутниковые дистанционные наблюдения.

Как известно, дистанционные наблюдения несут косвенную информацию об объектах исследования. Поэтому важно определить, какие дистанционно восстанавливаемые геофизические параметры могут эффективно характеризовать долгосрочную трансформацию природной среды под действием техногенной нагрузки. Одним из таких индикаторов, безусловно, является состояние растительного покрова [1]. Деградация растительного покрова в окрестности горнопромышленных районов проявляется как в сокращении территории, покрытой растительностью, так и в уменьшении плотности растительного покрова. Оба процесса сказываются на количестве усваиваемого фотосинтетически активного солнечного излучения и проявляются в изменении рассчитываемых по дистанционным данным вегетационных индексов. Целые семейства таких индексов, предложенных на основе обобщения многолетнего опыта анализа дистанционных данных, применяются в настоящее время: RVI, NDVI, IPVI, DVI, PVI, WDVI, TVI, SAVI, TSAVI, MSAVI, MSAVI2, GEMI, ARVI, SARVI, GVI и другие [7]. Корректность применения этих индексов, вообще говоря, зависит от типа и плотности растительного покрова, свойств почв, текущего состояния

атмосферы, сезона. По этой причине наиболее перспективным представляется использование некоторой совокупности указанных индексов, возможно, подбираемой и настраиваемой индивидуально для разных исследуемых территорий. Помимо этого, перспективными являются и методики гиперспектрального анализа, которые могут быть применены как для лучшего определения плотности разреженного растительного покрова, так и для анализа состава почв и проявлений химических процессов, протекающих в отвальных породах.

Изменчивость характеристик растительного покрова под действием техногенной нагрузки протекает на фоне целого ряда естественных процессов, зачастую имеющих гораздо более выраженный характер. К ним относятся как циклические процессы (сезонный ход, параметры которого дополнительно являются функциями климатической изменчивости), так и случайные процессы катастрофического характера (например, пожары) [9]. Четкому выявлению влияния техногенной нагрузки должен способствовать динамический анализ больших массивов данных долговременных серий наблюдений, позволяющий разделять факторы различных пространственно-временных масштабов. Предварительные результаты показывают, что в качестве инструмента такого анализа может быть использована адаптированная методика спутникового радиотепловидения [3].

Еще одним важным аспектом методики спутникового экологического мониторинга является необходимость эффективной обработки сверхбольших массивов информации. Архивы накопленных к настоящему времени спутниковых дистанционных данных содержат серии непрерывных глобальных наблюдений, длительность которых составляет десятки лет [4]. Эти объемы информации должны быть использованы максимально полно как для ретроспективного анализа экологической обстановки исследуемых районов, так и для получения характеристик «фоновых процессов» изменчивости, не связанных с техногенной нагрузкой. Решение такой задачи невозможно без использования масштабной программно-аппаратной инфраструктуры, обеспечивающей доступ к массивам архивных и оперативных дистанционных данных и применение инструментов их удаленной обработки и анализа. Наличие такой инфраструктуры или общей программно-аппаратной архитектуры, позволяющей ее быстрое создание и развертывание, является важным фактором успешного решения задачи автоматизированного спутникового экологического мониторинга. В качестве такой архитектурной основы предлагается использовать систему ВЕГА [5], входящую в состав научного центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг», и технологию виртуальной интеграции распределенных источников данных [8].

Работа частично поддержана грантом РФФИ № 18-29-24121 МК.

Литература

1. *Антонова И.А., Гуман О.М., Грязнов О.Н.* Методологические основы мониторинга окружающей среды на полигонах твердых коммунальных отходов в природных условиях

Среднего Урала // Сергеевские чтения : Вып. 20 : Обращение с отходами: задачи геоэкологии и инженерной геологии. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (22 марта 2018 г.) – Москва : РУДН, 2018. с.159-163.
2. *Гайдай М.Ф.* Геоэкологические аспекты рационального использования ресурсного потенциала терриконов угледобывающих предприятий (на примере Кизеловского угольного бассейна): дисс. … канд. тех. наук: 25.00.36. Пермь, 2016. 160 с.
3. *Ермаков Д.М., Чернушич А.П., Панова О.Ю.* Выявление изменений растительного покрова с помощью алгоритмов динамического анализа спутниковых дистанционных данных // Тезисы XVI Всероссийской Открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», Москва, ИКИ РАН, 12 – 16 ноября 2018 г. 2018. с.34.
4. *Лупян Е.А., Бурцев М.А., Прошин А.А., Кобец Д.А.* Развитие подходов к построению информационных систем дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 3. с.53-66.
5. *Лупян Е.А., Савин И.Ю., Барталев С.А., Толпин В.А., Балашов И.В., Плотников Д.Е.* Спутниковый сервис мониторинга состояния растительности («ВЕГА») // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2011. Т. 8. № 1. с.190-198.
6. *Максимович Н.Г., Крюкова О.С.* Разработка процессов взаимной нейтрализации производственных отходов содового производства, кислых шахтных вод и шахтных отвалов для защиты окружающей среды региона // Современные проблемы науки и образования. 2012. N 1, URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=5401 (дата обращения: 29.11.2018).
7. *Черепанов А.С.* Вегетационные индексы // Геоматика. 2011. N 2, с. 98-102, URL: https://en.sovzond.ru/upload/iblock/53b/2011_02_017.pdf (дата обращения: 29.11.2018).
8. *Kashnitskiy A.V., Loupian E.A., Balashov I.V., Konstantinova A.M.* Technology for designing tools for the process and analysis of data from very large scale distributed satellite archives // Atmospheric and Oceanic Optics. 2017. V. 30, N 1, p. 84–88.
9. *Savorskiy V., Bartalev S., Kashnitskiy A., Mazurov A., Panova O., Stytsenko F.* Geoinformation tools providing estimations of vegetation areal damages caused by wild fire disasters // Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci. 2018. V. XLII, N 3/W4, p.437-444.

ЭКОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

А.Д. Жигалин[1,2]

[1]Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, 123242, г.Москва, ул.Б.Грузинская, д.10, стр.1;
[2]МГУ имени М.В. Ломоносова, 119911, г.Москва, Ленинские горы, д.1.
E-mail: zhigalin.alek@yandex.ru

Необходимость обеспечения оптимальных (комфортных) условий проживания и трудовой деятельности той части населения, которая связана с предприятиями горнопромышленного комплекса (ГПК), требуют организации жесткого экологического контроля условий, которые неизбежно складываются как на предприятиях горнорудной промышленности непосредственно в зонах отвода, так и на примыкающих территориях. При этом в ряду контролируемых параметров, характеризующих экологическую обстановку, не следует упускать из поля зрения возможность формирования техногенного физического загрязнения среды в зоне влияния промышленного комплекса.

Для современного горнопромышленного производства характерно стремление интенсифицировать добычу природных ресурсов, что неизбежно сопровождается ухудшением качества окружающей среды. Специфика влияния, оказываемого предприятиями горнодобывающей отрасли на окружающую среду, обусловлена многими факторами. Это геолого-геофизические особенности месторождений, применяемые техника и технологии разработки, уровень энергетического обеспечения и др. Способы хозяйствования горнодобывающими предприятиями номинально подлежат экологическому контролю со стороны соответствующих федеральных органов, однако, зачастую следуют принципу «меньше затраты – больше прибыль», экономя при этом на экологическом контроле производства. Проводимые анализы экологической обстановки и экспертные оценки показывают, что горнопромышленные комплексы оказывают влияние на все компоненты природной среды и при этом оказывают наибольшее воздействие,если сравнивать их с другими видами хозяйственной деятельности. Типы месторождений и способы добычи полезного ископаемого весьма вариативны. Однако общие закономерности, касающиеся видов и уровня воздействия, сегодня могут выявляться и учитываться при оценке изменения экологической обстановки как в границах горных отводов предприятий со всей сопутствующей им инфраструктурой, так и в пределах региона. Качественное сопоставление уровня воздействия горнорудных предприятий и также всей создаваемой при них инфраструктуры в виде гражданского строительства и транспортного обеспечения на различные компоненты природной среды в генерализованном виде представлено в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительная оценка воздействия горнопромышленного комплекса на окружающую среду (по Торгоев, Алёшин, 2001, с изменениями)

Источники воздействия при разработке месторождений	Атмосфера	Гидросфера		Литосфера			Физические поля	Биосфера
		воды суши	подземные воды	почвенный слой	коренные породы	недра		
Способ добычи:								
-- открытый	***	***	***	***	***	***	**	***
-- подземный	*	**	**	**	***	***	**	*
-- скважинный	*	**	**	*	*	***	**	*
Сопутствующее строительство	*	*	*	***	**	**	**	**
Производственный транспорт	**	**	*	*	*	*	**	*

Примечание: * – слабое воздействие;
** – умеренное воздействие;
*** – сильное воздействие.

Из таблицы 1 следует, что наиболее существенное воздействие на все компоненты природной среды оказывают собственно горнорудные предприятия, использующие большое количество специальной техники и большое количество энергии, обеспечивающей ее работу, как правило, безостановочную. При этом наблюдается дифференциация по уровню воздействия, определяемая способом разработки месторождения. В меньшей степени на природную среду воздействует сопутствующее предприятиям строительство – вспомогательное, жилищное и др., а также производственный транспорт. Основные виды оказываемого воздействия: геомеханическое, гидрологическое, химическое, физическое (в этом случае акцентируются два вида воздействия – термическое и радиоактивное) и биоморфологическое [4].

В местах размещения горнорудных промышленных объектов (шахт, рудников, обогатительных фабрик и др.), а также объектов инфраструктуры неизбежно нарушается исходное экологическое состояние среды, что иногда, в зависимости от технологии добычи и вида полезного ископаемого, может наблюдаться и на региональном уровне. Так, при разработке месторождения открытым способом происходит перемещение большого количества вскрышной горной породы. При подземном способе разработки месторождений поднимаемая на гора́ пустая порода либо складируется в терриконах, либо депонируется в хвостохранилищах. Это приводит к химическому загрязнению атмосферы, поверхностной, а в ряде случаев и подземной, гидросферы, нарушению, деградации или полному уничтожению почвенно-растительного слоя. Наряду с обычно учитываемыми химическим загрязнением и геомеханическим воздействием, в местах нахождения

горнорудных предприятий в связи с большим количества обращаемой энергии как напроизводстве, так и в жилом секторе предприятий ГПК, растет уровень техногенного физического (энергетического) загрязнения, представляющего собой результат суммарного воздействия на окружающую среду со стороны природных геофизических и техногенных физических полей. При этом установлено, что доминирующую роль в совокупном воздействии играют именно техногенные физические поля, поскольку по своим характеристикам они значительно превышают характеристики своих природных аналогов. Более того, эффективные показатели некоторых видов техногенных физических полей выходят за рамки экологических и санитарно-гигиенических норм и тем самым создают дискомфортные, а в экстремальных случаях и опасные условия для людей, работающих на горнорудном предприятии или связанных с ним, затрагивая при этом и представителей растительного и животного мира [1, 2]. Формируя при превышении определенного уровня интенсивности техногенное физическое (энергетическое) загрязнение, физические поля оказываются важным фактором, влияющим на экологическую обстановку и могущим приводить к различного рода негативным последствиям – геологическим, экологическим и медицинским. Схема реализации такого влияния представлена на рисунке 1.



Рис.1. Схема формирования техногенного физического (энергетического) загрязнения и его геологических, экологических и медицинских последствий.

Спектр последствий техногенного физического (энергетического) загрязнения (что также можно отнести и к химическому, вещественному, виду загрязнения) достаточно широк. При этом, если аномальные изменения потенциала суммарного воздействия природных и техногенных полей на объекты косной природы не столь критичны, то в приложении к объектам

биосферы они играют заметную роль, приводя к угнетению, деградации или полному уничтожению экосистем, а в антропологическом аспекте способствуют распространению профессиональных и неспецифических заболеваний. Контроль безопасности проведения горнопромышленных работ и общей экологической обстановки в регионах из всех видов физических характеристик, помимо ординарных метеорологических, делает акцент на такие характеристики, как температурный режим, радиационный фон (в местах разработки радиоактивных руд), а также сейсмическая опасность (в сейсмоактивных регионах) и уровень акустического поля (шум). Контроль температурного режима особенно важен, например, при подземной газификации угля или использования других высокотемпературных методов извлечения полезного ископаемого, а также при сбросе подогретых вод в пруды-накопители или пульпы в хвостохранилища. В этих последних двух случаях необходим и контроль уровня радиационного поля. В подземных горных выработкахочень важен контроль сейсмоакустического шума как возможного прогностического признака горных ударов или смещения горных пород.

Сегодня сложилась ситуация, когда в службах главного инженера на предприятиях горнорудного комплекса отсутствуют специалисты-геофизики, что потенциально повышает уязвимость предприятия в случае чрезвычайных ситуаций, возникающих, например вследствие, коррозионного повреждения металлических конструкций и трубопроводов (при воздействии на них блуждающих токов), обрушения кровли горных выработок с выходом на поверхность или проседания поверхности на подработанных территориях, самовозгорания терриконов и отвалов, возникновения оползней и обвалов возрастания уровня сейсмичности и др. [5].

Опыт эпизодического использования геофизических методов в различных их комбинациях свидетельствует об эффективности их применения для предотвращения ряда ситуаций, о которых упоминалось выше. Можно предположить, что внедрение в практику экологического контроля геофизических наблюдений в режиме непрерывного (в случае высокой степени уровня риска) или, как вариант, периодического или даже эпизодического (по мере возрастания степени опасности) эколого-геофизического мониторинга существенно расширит информационную базу, необходимую для своевременной организации мероприятий, позволяющих снизить риск возникновения негативных по своим последствиям чрезвычайных ситуаций. По нашему мнению технология эколого-геофизического мониторинга, представляющего собой пространственно-временну́ю систему наблюдений различных объектов и явлений с определенными целями и в соответствии с заранее подготовленной программой (наш вариант определения, восходящий к оригиналу – Мэнн, 1972, без последующих наслоений), сочетающая в себе возможность получения геофизической и экологической информации, в должной мере отвечает целям контроля, естественно, сочетаясь с ординарными методиками, но ни в коем случае не подменяя их. Конкретной целью мониторинга может быть, получение информации для оценки текущего состояния, эколого-

геофизической обстановки, тенденций ее изменения и прогнозирования в условиях воздействия аномальных, существенных, отклонений от ординара всех воздействующих факторов, в том числе геофизических полей и антропогенной деятельности. Организация системы эколого-геофизического мониторинга дает возможность увязать происходящие изменения экологической обстановки с непосредственным действием возмущающих факторов, возможным появлением «вторичных» негативных последствий этих событий, аномальными вариациями природных геофизических полей (космической погоды и флюктуациями геомагнитного и геотермального полей), а также геологическими и медико-биологическими параметрами.

Предлагаемая схема мониторинга может быть определена как «специальный эколого-геофизический мониторинг детального, локального и регионального уровней». Уровень мониторинга определяется пространственными размерами и сложностью выбранных объектов: это могут быть отдельные участки или блоки, формирующие структуру предприятия (детальный уровень), предприятие в целом с прилегающими территориями (локальный уровень) или регион, где это предприятие находится и где заметно его влияние на окружающую среду (региональный уровень) [3].

Наблюдаемое негативное воздействие горного производства на окружающую среду и глубокая трансформация практически всех видов экологических функций сфер Земли (ресурсной геодинамической, геохимической и геофизической) в горнопромышленных районах приводит к выводу, что в проблеме сохранения окружающей среды от вредного воздействия горного производства имеется еще много не решенных вопросов, обусловленных рядом причин объективного и субъективного характера: недостаточно полным обоснованием экологических ограничений в технологии добычи и переработки ископаемых; противоречиями между требованиями улучшения технико-экономических показателей горного производства, с одной стороны, и, с, другой стороны, необходимостью сохранения биосферы в оптимальном состоянии; качественными различиями в кругообороте вещества и энергии в ныне существующих искусственных (техногенных) и естественных (экологических) системах.

Возникновение проблем, которые выходят за рамки компетенций отдельных научных направлений, способствует конвергенции отдельных дисциплин и формированию новых областей знания, что сегодня и происходит. На этой волне на стыке горной науки и экологии мы наблюдаем становление нового направления в горной науке, названного инициаторами горной экологией, целью которого является изучение закономерностей воздействия человека на окружающую среду в сфере горного производства, взаимосвязь физических и химических процессов, лежащих в основе добычи и переработки полезных ископаемых, с кругооборотом вещества и энергии в биосфере. И тут наблюдается интересный феномен: большинство геологических направлений (горное дело не является исключением), как в науке, так и в практическом плане используют геофизические технологии либо в рамках экологической геофизики (применение геофизических методов при решении конкретных задач, связанных с горными работами и добычей

полезных ископаемых), либо геофизической экологии (изучение влияния природных и техногенных физических полей на биосферу и человека) и вместе с тем, аккуратно избегают упоминания геофизических методов в качестве инструмента при проводимых исследованиях. Трудно понять, каковы причины возникновения такого парадокса.

Мы, геофизики, предлагаем (и хотим быть услышаны!) включить геофизику в горную экологию как часть ее инструментария, эффективного при решении горноэкологических задач.

Этот раздел горной науки может быть назван горной геофизической экологией.

Автор выражает благодарность В.А. Королеву, В.Т. Трофимову, М.А. Харькиной, Т.А. Барабошкиной (МГУ), И.А. Торгоеву, Ю.Г. Алешину (ИФМГП НАН КР) за возможность использования материалов при подготовке текста доклада.

Литература

1. *Богословский В.А., Жигалин А.Д., Хмелевской В.К.* Экологическая геофизика. М.: Изд-во МГУ, 2000, 256 с.

2. *Вахромеев Г.С.* Экологическая геофизика. Иркутск: ИрГТУ. 1995. 216 с.

3.*Королев В.А.* Мониторинг геологической среды. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995. 270 с.

4. *Торгоев И.А., Алешин Ю.Г.* Экология горнопромышленного комплекса Кыргызстана. Бишкек: Илим, 2001. 182 с.

5. *Трофимов В.Т., Харькина М.А. Барабошкина Т.А., Жигалин А.Д.* Экологические функции абиотических сфер Земли. М: «КДУ» «Университетская книга», 2018. 608 с.

ИЗУЧЕНИЕ ОБВОДНЕННОСТИ И МУТНОСТИ ПОЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ НА ВЕРХОВОМ БОЛОТЕ С ПОМОЩЬЮ КОМПЛЕКСА ИНДИКАЦИОННО-ГЕОБОТАНИЧЕСКОГО И ДИСТАНЦИОННОГО МЕТОДОВ

Т.В. Орлов[1], И.В. Воловинский[1, 3], В.А. Смагин[2]

[1]ФГБУН Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, 101000, г.Москва, Уланский пер., д.13, стр.2. E-mail: tim.orlov@gmail.com
[2]ФГБУН Ботанический институт им. В.Л. Комарова (БИН РАН)
[3]МГУ имени М.В. Ломоносова, 119911, г.Москва, Ленинские горы, д.1, географический факультет

Введение. Болотные ландшафты занимают значительные площади на возвышенных равнинах Европейской части России. Разработка месторождений твердых полезных ископаемых на этих территориях неизбежно встречается с необходимостью взаимодействовать с болотными системами. Особенно это отражается в изменении водного режима (обводнении или осушении) болотных систем. Растительность может являться хорошим индикатором изменений в болотных ландшафтах. Также, в настоящее время, появились различные методы дистанционного контроля, например космическая съемка и съемка с помощью БПЛА, которые могут быть использованы для контроля изменений в болотных ландшафтах.

Целью работы являлось опробование методов дистанционного контроля в сочетании с индикационно-геоботаническим дешифрированием для контроля изменений (обводнения) болотной системы, находящейся в зоне северной тайги в пределах Беломоро-Кулойского плато, и используемой в качестве поля поверхностной фильтрации (ППФ).

Материалы и методы. Анализ изменения степени обводненности и мутности поля поверхностной фильтрации был проведен на основе снимков Digital Globe (разрешение 2 м/пикс.) за 2017 г. и 2018 г., а также на основе съемки проведенной с беспилотного летательного аппарата БПЛА (разрешение 5 см/пикс.) за 2017 г. и 2018 г.. Для анализа был выбран полигон площадью 1,09 км² (рис. 1).

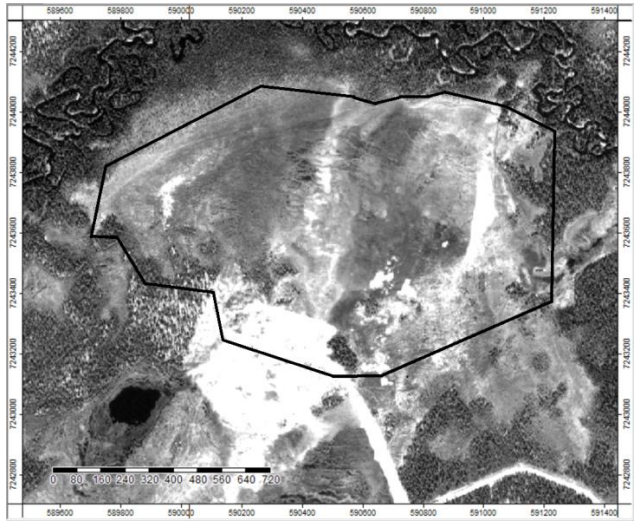


Рис.1. Полигон исследования на космической съемке.

В качестве индикатора изменения обводненности был выбран индекс NDWI (Normalized Difference Water Index) [2, 3] – нормализованный относительный водный индекс. Преимущество этого индекса перед другими индексами, оценивающими влажность, заключается в том, что он использует только ближний инфракрасный канал. Значения данного индекса могут изменяться от «–1» до «+1». Чем выше значение индекса, тем больше обводненность территории. Значения NDWI были посчитаны на основе снимков Digital Globe за 2017 г. и 2018 г. На основе полученных значений были выделены четыре класса: 1) Открытая вода, 2) Открытая вода с разреженным растительным покровом, 3) Обводненные территории с сомкнутым растительным покровом, 4) Участки болота остающиеся в естественном или мало нарушенном состоянии. Площади классов были посчитаны в квадратных метрах (табл. 1., рис. 2).

Таблица 1

Изменение обводненности на ППФ

Год	1 класс	2 класс	3 класс	4 класс
2017	82060 м²	97100 м²	263752 м²	648848 м²
2018	88288 м²	107884 м²	189644 м²	705956 м²

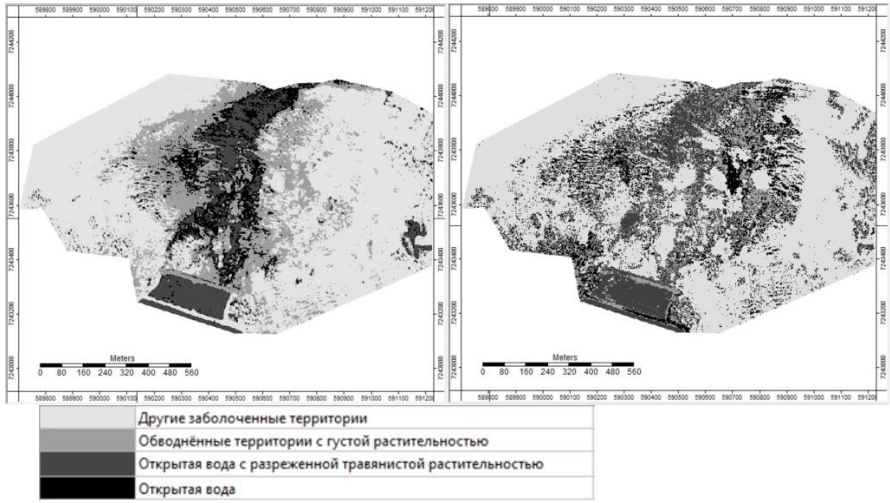


Рис.2. Значения NDWI за 2017 г. (слева) и 2018 г. (справа).



Рис.3. Примеры участков с разным NDWI (снимок БПЛА, 2017 г.).

С 2017 г. по 2018 г. наблюдается увеличение площади затопленных участков ставших открытыми водоемами, лишенными растительности, или с отдельными побегами рогоза и осок. Увеличение площади водоемов происходит за счет затопления, угнетения болотной растительности и увеличения глубины воды, препятствующей произрастанию прибрежно-водной растительности.

Для оценки замутненности был рассчитан NDTI (Normalized Difference Turbidity Index) [1, 2] – нормализованный относительный индекс мутности. Главное достоинство индекса заключается в том, что его можно рассчитывать с помощью изображений в естественных цветах, в том числе с помощью данных, полученных с БПЛА. Серьезным ограничением данного индекса является то, что его возможно рассчитать только для открытых водоемов. По этой причине расчет NDTI производился только для класса открытых водоемов, выделенного на основе индекса NDWI. Индекс NDTI был посчитан как на основе изображения, полученного с помощью БПЛА (разрешение 5 см/пикс.), так и на основе снимков Digital Globe (разрешение 2 м/пикс.). Значения NDTI, полученные на основе данных БПЛА имеют значительные

ограничения. Существенные искажения значений NDTI происходят из-за растительности, в том числе из-за теней, отбрасываемых деревьями. В то же время, данные, полученные на основе снимка с разрешением 2 м дают более кондиционные результаты.

Полученные значения NDTI были разделены на три класса: 1) Прозрачная вода, 2) Вода средней мутности, 3) Мутная вода. Площадь каждого класса посчитана за 2017 и 2018 годы (табл. 2, рис. 4).

Таблица 2

Изменение мутности на ППФ

Мутность	1 класс	2 класс	3 класс
2017	2992 м²	29404 м²	11516 м²
2018	576 м²	46224 м²	14992 м²

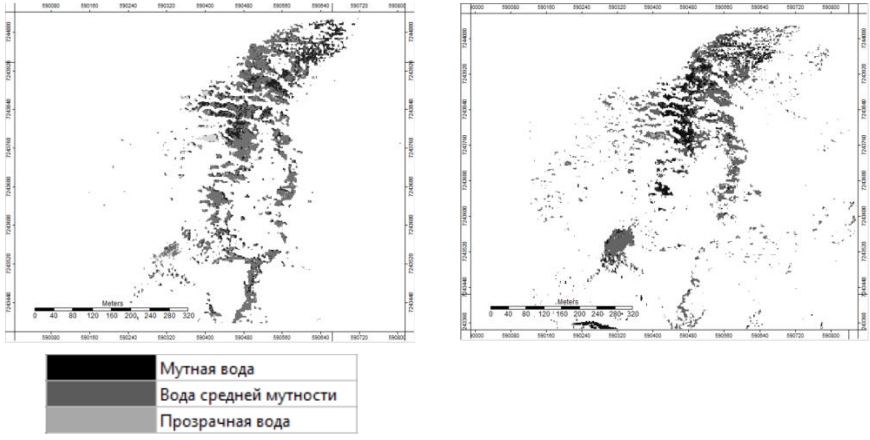


Рис.4. Значения NDTI за 2017 г. (слева) и 2018 г. (справа).

Таким образом, отмечается увеличение участков, занятых классом 2, однако в то же время площадь встречаемости участков данного класса получила более широкое распространение.

К сожалению, использование данного индекса ограничена участками открытой воды, и не дает представления о полной ситуации в пределах ППФ.

Растительный покров болота, ставшего ППФ, существенно трансформирован. На площади залитой глубоким слоем мутной воды, растительного покрова не стало. На удалении от центральной линии стока, с уменьшением мутности и глубины слоя воды, происходит трансформация болотной растительности. В мочажинах, оказавшихся под водой вместо болотной растительности, поселяются отдельные группы прибрежно-водных видов. На возвышающихся из воды грядах полностью трансформировался естественный растительный покров, как за счет периодического затопления, так и, главным образом, за счет отложения толстого слоя песчаных наносов.

Исчез моховой покров из сфагновых мхов, исчезло большинство видов кустарничков, изменился состав видов трав, причем их продуктивность и обилие возросло. На удаленных от водовыпуска участках, с прозрачной водой, растительный покров болота трансформировался частично. На грядах сохраняются болотные кустарнички, пушица, но вместе с ними произрастает ряд видов болот иного, низинного типа. Нет и сфагнового покрова, который появляется лишь на границе зоны растекания вод. В мочажинах к аборигенным видам верхового болота примешивается ряд видов низинных болот, мхов, свойственных верховому болоту, в них нет.

Выводы:

- Индекс NDTI действительно позволяет оценить мутность воды, однако его использование для снимков сверхвысокого разрешения имеет большое количество ограничений (тени от деревьев, невозможность оценки участков с малой глубиной и наличием растительности).

- Обводненность ППФ с 2017 г. по 2018 г. увеличилась, появилось больше участков открытой воды.

- Объем и мутность воды прямо отражаются на состоянии растительного покрова, от полного исчезновения под глубоким слоем воды, до разной степени трансформации в зависимости от глубины и мутности слоя воды. Трансформация происходит, в основном, за счет внедрения болотных же видов, но не свойственных тому типу болота, что стало ППФ.

Работа выполнена в рамках госзадания ИГЭ РАН и гранта РФФИ № 17-04-01749.

Литература

1. *Орлов Т.В., Садков С.А., Зверев А.В., Панченко Е.Г., Воловинский И.В.* Анализ растекания сбросных карьерных вод в пределах верхового болота // Сергеевские чтения. Геоэкологическая безопасность разработки месторождений полезных ископаемых материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии в рамках Года экологии в России. Научный совет РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. 2017. с.544-549.

2. *Gautam, Vivek Kumar, et al.* «Assessment of Surface Water Dynamicsin Bangalore Using WRI, NDWI, MNDWI, Supervised Classification and KT Transformation.» *Aquatic Procedia* 4 (2015): p.739-746.

3. *Lacaux, J.P., et al.* «Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing: Application to Rift Valley Fever epidemics in Senegal.» *Remote Sensing of Environment* 106.1 (2007): p.66-74.

ИННОВАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС МЕТОДОВ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА И ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ НА ОБЪЕКТАХ НАКОПЛЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА

И.И. Подлипский

Санкт-Петербургский государственный университет, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9. E-mail: i.podlipskiy@spbu.ru

Согласно «Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года», утвержденной распоряжением Правительства РФ от 25.01.2018 № 84, актуальной экологической проблемой государственного администрирования, регулирования и управления в данной сфере является недостаточно качественный уровень экологического нормирования, а также контроля за всеми стадиями обращения отходов.

Доля твердых коммунальных отходов, направленная на обработку, в общем объеме вывезенных с мест образования крайне низка, не более 10%. До сих пор основная масса бытовых и промышленных отходов не подвергается какой-либо переработке и вторичному использованию, а размещается на полигонах и несанкционированных свалках. По общим оценкам всего в стране насчитывается, только официально признанных, более 10 тысяч свалок. Большое количество крупных мест складирования отходов находится в непосредственной близости от больших городов и населенных пунктов.

Для действующих и/или закрытых полигонов, зарегистрированных в Государственном реестре объектов размещения отходов, не выполняются нормативные требования к условиям размещения (однородность геологического строения всей площади, наличие в основании гидроизолирующего материала, залеганием водоносных слоев на глубине не менее 5 м) и защитным инженерным сооружениям (искусственная гидроизоляция ложа полигона, ограждающая дамба обваловывания, система водоотведения и сбора избыточного фильтрата и т.д.). Это приводит к усложнению эколого-геологических условий ведения мониторинга (в рамках Производственного экологического контроля (ПЭК)) и к повышению сложности выполнения рекультивации, а также создает дополнительные риски негативного воздействия на окружающую среду (как в период строительных работ, эксплуатации так же в период консервации и после рекультивации).

Во многих случаях, экологический мониторинг не воспринимается природопользователями как важный элемент контроля за обращением с отходами, ведется бессистемно, и не учитывает специфику условий

распространения поллютантов в окружающей среде. Перечень нормируемых показателей в контролируемых средах в рамках ПЭК, ограничен минимальными требованиями нормативной документации и часто не адекватен характеру такого сложного источника воздействия, как свалочные грунты. Отсутствие четкой регламентации или методов достижения нужного результата в обработке результатов аналитических исследований, собранных в процессе ПЭК, также приводит к накоплению систематической ошибки и лишает возможности природопользователя качественно проводить внутренний контроль [2]. Поэтому оценить и спрогнозировать реальное экологическое воздействие таких объектов практически не представляется возможным.

Активная реализация программа «Чистая страна» (в рамках Государственной программы РФ «Охрана окружающей среды» на 2012-2020 гг., утвержденной постановлением Правительства РФ от 15.04.2014 № 326), а также активизация в последние годы во многих регионах механизма общественного контроля за свалками, способствовало положительной динамике фокуса внимания к экологическим проблемам полигонов. Также нововведения в законодательство регулирующее порядок рекультивации и консервации земель и ликвидации накопленного вреда окружающей среде предоставило более определенные нормативные инструменты для проектирования и реализации рекультивации.

Важнейшим и наиболее продолжительным этапом жизненного цикла полигона бытового (коммунального) мусора является его рекультивация, которая согласно нормативным требованиям начинается с получения исчерпывающих данных о геологических, гидрогеологических, геофизических, ландшафтно-геохимических, газогеохимических и других условиях участка. Отсутствие достоверных данных экологического мониторинга, а также ограниченные финансовые и временные ресурсы при выполнении изыскательских работ, делают проблему мониторинга одной из самых серьезных.

Экологический мониторинг базируется на данных инженерных изысканий, определяющих начальное состояние природно-техногенной среды на территории размещения полигона. В процессе мониторинга уточняются прогнозы изменения условий среды для принятия необходимых решений при эксплуатации полигона ТБО. По нормативам проекты рекультивации предусматривают выполнение экологического мониторинга, как в период эксплуатации полигона, так и в послерекультивационный период продолжительностью 5 лет.

Однако на практике, при реализации проектов рекультивации экологический мониторинг проводится по весьма сокращенной программе, а после выполнения технического этапа рекультивации, по экономическим и другим причинам не проводится вовсе.

Рекультивированный полигон представляет собой сложную эколого-геологическую систему [3], эволюция которой оказывает негативное влияние на окружающую природную среду продолжительный период времени (сотни лет). Основными факторами экологического воздействия полигона является

распространение биогаза и жидкой компоненты (фильтрата). Характер и динамика распространения загрязнения могут быть сложными. В некоторых случаях миграция загрязняющих веществ происходит на значительные расстояния и проявляться на большом удалении от источника.

Существуют передовые, апробированные методы, основанные на принципах биотестирования, когда индикаторами распространения токсикантов могут быть различные группы микроорганизмов, являясь наиболее чувствительной частью экосистемы, четко и быстро реагирующих на превышение фоновых концентраций. Такие методы относительно дешевы в использовании и просты в применении.

Ввиду существующих проблем нормирования, сбора исходных данных о текущем состоянии и конструкции полигонов, а также ограниченности финансовых и временных ресурсов, применение этих методов представляется обоснованным.

В условиях резкого увеличения количества закрытых, рекультивированных, и вновь строящихся необходима разработка и выполнение постоянного мониторинга влияния таких объектов на окружающую среду. Целесообразна выработка и реализация комплексного подхода от инженерных изысканий с определением текущего экологического состояния полигонов, до реализации комплексного и непрерывного мониторинга.

В качестве решения образовавшейся проблемы в области экологического контроля действующего, законсервированного или рекультивированного полигона бытовых (коммунальных) отходов можно рассмотреть систему комплексного локального эколого-геологического мониторинга (ЭГМ), включающую био-, гео- и социоэкологические аспекты, применяемую для разработки эколого-геологической БД, а также оценки и прогноза состояния экогеосистем.

В основе ЭГМ лежит представление о полигонах как о системе «свалочное тело – прилегающие территории» [1] и соответственно, разделение мониторинга на элементы ориентированные на исследование геологического тела природно-техногенного генезиса (качественный и количественный состав отходов, состав фильтрата, биогаза и др.) и окружающей природной среды (грунтов, поверхностных и подземных вод, биотической составляющей экосистем и др.) (рис. 1).

Приведенное деление позволяет рассмотреть раздельно компоненты системы, раскрыть механизмы воздействия объектов исследования на состояние окружающей природной среды и разработать методы по контролю, управлению и прогнозу воздействия.



Рис.1. Схема соподчинениям отдельных методов в системекомплексного ЭГМ полигонов ТБО и др. антропогенных объектов [4].

Литература

1. *Куриленко В.В., Подлипский И.И., Осмоловская Н.Г.* Эколого-геологическая и биогеохимическая оценка воздействия полигонов бытовых отходов на состояние окружающей среды. Экология и промышленность России. 2012. № 11. с. 28-32

2. *Подлипский И.И.* Учет локальных флуктуаций фоновых концентраций поллютантов в эколого-геохимических исследованиях. Инженерные изыскания. 2015. № 5-6. с. 80-88

3. *Подлипский И.И.* Эколого-геологическая характеристика полигонов бытовых отходов и разработка рекомендаций по рациональному природопользованию. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук / Санкт-Петербургский государственный университет. Санкт-Петербург, 2010, 24 с.

4. *Подлипский И.И.* Эколого-геологическая оценка территории полигонов бытовых отходов. Монография. LAP Lambert Academic Publishing, 2015, 200 с. ISBN:978-3-659-80619-3.

ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОФОТОСЪЕМКИ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ ВЫВЕДЕННЫХ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ

Н.Н. Слюсарь, Г.М. Батракова, Г.В. Ильиных

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
614990, г.Пермь, Комсомольский пр., д.29. E-mail: nnslyusar@gmail.com

В настоящее время для оценки состояния природно-техногенных объектов и обоснования выбора направлений реабилитации нарушенных и загрязненных территорий применяется аэрофотосъемка с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Применительно к территориям, на которых длительное время складируются отходы производства и потребления, дистанционные методы наблюдений позволяют оценить линейные разрывы от объекта до водоохранных зон, селитебных и охраняемых территорий; установить площадь рассеивания дымового шлейфа при крупном пожаре; характеризовать состояние почвопокровной растительности и др. [1-3].

Съемка с БПЛА может быть использована при обследовании выведенных из эксплуатации объектов размещения отходов в решении следующих задач:

– контроль оптимального заполнения рабочих карт, наблюдение участков с ограниченным обзором;

– геотехнический контроль просадок, целостности дамб обвалования и стабильности откосов массива захоронения;

– поиск очагов возгорания;

– мониторинг состояния растительного покрова рекультивированных территорий;

– состояние территорий вдоль дорог, анализ причин формирования вторичного загрязнения территорий.

Объектами наших исследований являлись свалки отходов разных сроков эксплуатации, в настоящий момент официально закрытые для приема и размещения отходов, а также несанкционированные навалы отходов вдоль подъездных дорог. Для фотосъемки использовались БПЛА мультироторного типа, оснащенные бортовым GNSS приемником Ublox M8P и фотокамерой Sony RX1 с размером кадра 5472x3648 пикселей и DJI Phantom 4 со встроенным GPS датчиком и штатной RGB 4к камерой. Размер кадра 4000x3000 пикселей.

Общая площадь участка обследования в среднем составляли до 20 км^2, включая землеотвод территории свалки, подъездные пути к объекту и прилегающую территорию в границах санитарно-защитной зоны. Увеличение площади съемки выполнялось при наличии участков со значительными понижениями рельефа относительно территории размещения отходов, т.к. именно такие участки с наибольшей вероятностью подвержены деформации

склоновых процессов и формированию скоплений фильтрационных вод в понижениях. В случае обнаружения очагов возгорания отходов площадь съемки также увеличивалась в сторону ближайшего населенного пункта и приоритетного на момент съемки направления ветра.

Высота съемки составляла до 150 м для требуемой детальность отображения элементов территории и с учетом разрешающей способности фотокамеры. Подъем БПЛА и съемку выполняли при скорости ветра до 5 м/с и слабой облачности. Для локальной территории объекта обследования определяли координаты центров фотофиксации по границе исследуемого участка, координаты поворотных точек, процент продольного и поперечного перекрытия снимков и др.

Аэрофотосъемка выполнена в летний период 2017-2018 гг. на территории Пермского края. Характеристика объектов исследования представлена в таблице 1.

Таблица 1

Краткая характеристика объектов исследования

Объект	Период эксплуатации, гг.	Площадь, га	Виды работ после эксплуатации
Городская свалка (объект Д)	1965-2007	9,85	выполнены этапы технической и биологической рекультивации
Межпоселенческая свалка (объект «2»)	1968-2012	3,3	без проведения рекультивации массива отходов
Городская свалка (объект «3»)	1963-2008	10,5	
Навалы отходов	не установлен	0,5-2,3	-

Стабильность протекания процессов биодеградации отходов в большой степени обеспечивается ненарушенным рекультивационным слоем по всей поверхности массива, в том числе на откосах. Участки с нарушением целостности рекультивационного покрытия являются потенциально опасными для возгорания отходов. Для выявления таких участков можно использовать комбинацию плана разности высот и ортофотоплан объекта. Кроме того, одним из методов регистрации возгораний является тепловая инфракрасная съемка.

При анализе ортофотоплана закрытой городской свалки (объект «3») установлено отсутствие поверхностных водоемов, что при известном характере подстилающих грунтов позволило предположить высокую вероятность проникновения фильтрационных вод в подземные горизонты. Аналогичная ситуация наблюдалась и на объекте «2», где после вывода из эксплуатации не были выполнены работы по рекультивации и проходило естественное самозаростание площадки. В этом случае, отсутствие даже небольших скоплений после недавних выпадений атмосферных осадков, показывает, что большая доля влаги дренирует через массив отходов.

В случае обнаружения поверхностных скоплений фильтрационных вод особое внимание уделялось целостности дамб обвалования, выявлению направлений стока по поверхности, наличию в понижениях рельефа временных водоемов. Скопление фильтрата с одной из сторон городской свалки установлено на объекте «1».

Программная обработка ортофотопланов позволяла расширить круг решаемых задач: построение цифровых моделей местности (3D) и их совмещение с чертежами проектной документации позволяли оценить достижение проектных отметок массива отходов; преобразование изображений в модели уровней высот использовано для оценки равномерности формирования массива захоронения отходов.

Съемка рекультивированных участков и последующая обработка изображений с построением карт вегетационных индексов, например атмосфероустойчивого вегетационного индекса (Visible Atmospherically Resistant Index, VARI) позволяют выявить участки деградации растительности [4]. Использование штатной RGB камеры на БПЛА с последующей обработкой изображений позволяет найти на территории объекта исследования оголенные площадки и участки с нарушенной растительностью.

Актуальная задача, которую также можно решать с помощью БПЛА, это выявление и оценка площади захламления отходами. Для выявления несанкционированных навалов мусора при наличии большой сплошности древесно-кустарниковой растительности съемка с воздуха характеризуется высокой результативностью и детальностью фотофиксации. Использование БПЛА позволяет оперативно установить участки захламления, а при достаточной детализации снимка определить вид отходов и площадь захламления, выявить подъездные пути и степень эрозионных изменений и повреждение почвопокровной растительности.

Основное преимущество использования БПЛА заключается в оперативности получения детальной информации об объекте и сокращении трудозатрат в полевых обследованиях. Аэрофотосъемка позволяет проконтролировать соблюдение проектной технологии размещения отходов, выполнить поиск нарушений в элементах инженерной защиты, провести оперативные обследования состояния дорожной сети и прилегающих территорий. Создание по результатам АФС ортофотопланов и трехмерных моделей позволяет оценить целостность защитных дамб, охарактеризовать эффективность рекультивационных работ и др.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-45-590858 р_а.

Литература

1. *Данилов А.С.* Системы экологического мониторинга окружающей среды с использованием малогабаритных беспилотных летательных аппаратов // Экология и промышленность России. – 2013. – № 9. – С. 4–7.

2. Сточные воды и биогаз полигонов захоронения твердых бытовых отходов: монография /Я.И.Вайсман [и др.]; под ред. Я.И.Вайсмана. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 259 с.
3. *Слюсарь Н.Н., Коротаев В.Н., Куликова Ю.В.*Визуальное обследование объектов захоронения отходов с использованием беспилотных летательных аппаратов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2017. - №4. – с.25-36. DOI: 10.15593/2409-5125/2017.04.02
4. Identifying Crop Variability with Drones URL: https://blog.dronedeploy.com/identifying-crop-variability-whats-the-difference-between-ndvi-false-ndvi-and-vari-plant-health-98c380381a33 (Дата обращения: 19.10.2017)

ПРИМЕНЕНИЕ РЕЙТИНГОВЫХ КЛАССИФИКАЦИЙ МАССИВОВ ГОРНЫХ ПОРОД НА ОСНОВЕ ОБЩЕПРИНЯТОЙ СИСТЕМЫ ДОКУМЕНТАЦИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

А.Ю. Чернов, С.А. Бузов

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г.Иркутск, ул.Лермонтова, д.83. E-mail: cgei@istu.edu

С началом XXI века в среде российских рудодобывающих предприятий существенно повысился интерес к мировым практикам эксплуатации месторождений. Одним из направлений такой ассимиляции международного опыта является применение методик оценки устойчивости горного массива при проектировании и эксплуатации горных выработок. Основой таких оценок являются рейтинговые системы классификации горного массива.

На основе различных толкований термина *рейтинговые системы,* принятых в русскоязычной литературе, авторами выбрано следующее определение:

Рейтинговые классификации (системы) горного массива – это типизация сложности инженерно-геологических условий месторождения, основанная на комплексной количественной оценке компонентов инженерно-геологических условий, определяющих сложность и их количественные характеристики, которые позволяют достаточно четко выделить благоприятные и не благоприятные участки в горном массиве.

Суть оценки заключается в присвоении определенному участку массива пород численной величины (рейтинга), получаемой в результате исследования основных инженерно-геологических характеристик – трещиноватости, прочности, характера заполнителя, действия подземных вод, степени выветрелости пород и ряда других.

Одним из главных преимуществ рейтинговых систем является численное представление результатов, что позволяет строить модели необходимой точности и детальности.

На сегодняшний день рейтинговые системы оценки устойчивости массива имеют достаточно длительную историю развития и сложившиеся методики различной точности и трудоемкости. С ними тесно связаны имена М.М. Протодьяконова, Н.С. Булычева, К. Терцаги, Д. Дир, Л. Мюллера, Д. Франклина, Н. Бартона З. Бенявски, Д. Лобшира и других. В последнее время появилось множество статей с историей развития и практикой внедрения рейтинговых систем. Среди них работы Н. Губинского, В.В. Рыбина, Е.В. Кузьмина, А.Р. Узбековой, позволяющие познакомиться с рейтинговыми системами [2, 3].

Для использования мирового опыта применения рейтинговых систем в практике российских предприятий одним из наиболее важных аспектов является их соответствие российской нормативной базе, что позволяет использовать стандартизированные методики оценки устойчивости массива.

На сегодняшний день в основной нормативной литературе, определяющей методику инженерно-геологических исследований, нет упоминаний о рейтинговых классификациях устойчивости массива. В ГОСТ 25100 в редакции 2011 г. впервые появилось понятие RQD – показателя качества пород. «Методическое руководство …» [1] предлагает использовать эмпириоаналитический подход (рейтинговые системы) к оценке устойчивости только при разведке месторождений.

При большом разнообразии рейтинговых классификаций у них есть общие условия выполнимости – необходимость проведения полевой документации по особым, четко оговоренным правилам (часто с обязательным ориентированным бурением разведочных скважин); лабораторные исследования физико-механических и деформационных свойств; разветвленная сеть разведочных выработок. Все это является весьма затратным по времени и ресурсам процессом, что ощутимо сказывается на общей стоимости работ. Поэтому отсутствие разработанной нормативной базы является главным препятствием внедрения рейтинговых классификаций в производственные процессы предприятий.

Одним из выходов из сложившейся ситуации авторы видят во внедрении таких методик оценки устойчивости горного массива, которые позволяют избежать больших дополнительных затрат. Одной из составных частей таких методик может быть рейтинговая классификация устойчивости горного массива на основе общепринятой системы геологической документации разведочных скважин.

Основными преимуществами рейтинговой системы на основе предлагаемой методики являются:

- исключение дополнительных лабораторных исследований;
- получение результатов через несколько часов после завершения документации;
- возможность проведения исследований по архивным данным.

К недостаткам предлагаемой методики на сегодняшнем этапе можно отнести:

- приближенную оценку в связи с использованием ограниченного количества факторов;
- необходимость подстройки системы под конкретное месторождение и проведение корреляции с общепринятыми рейтинговыми системами.

Наиболее важным для построения оценки является набор параметров оценки. Как обозначено выше, главное условие предлагаемой системы – минимизация дополнительных исследований. При использовании распространенных рейтинговых классификаций массив характеризуют с двух позиций – оценка структурной целостности массива и его состояние – физико-механические свойства слагающих массив пород.

Нами предлагается строить оценку устойчивости горного массива на основе только структурных параметров, подразумевая, что они имеют прямую взаимосвязь с его состоянием. Набор структурных параметров оценки устойчивости присутствует в большинстве общепризнанных рейтинговых классификаций. Это модуль трещиноватости, коэффициент качественного керна (RQD), среднее расстояние между трещинами.

Важной составляющей методики является разбивка горного массива на однородные блоки, выделенные при документации, и взаимодействие между ними. Размер блоков предлагается принимать в диапазоне от 1 м до 10 м, что позволит получить детальную характеристику горного массива со средним шагом в 5 м, достаточным для решения большинства производственных задач. Выделение отдельных блоков основано на следующих по значимости критериях:

- изменение литологических разностей (смена пород);
- изменение структурного фона (изменение трещиноватости, RQD, среднего расстояния);
- изменения характера поверхностей трещин (минерал заполнителя, шероховатость стенок и т.д.).

Анализ полученных материалов проводится в несколько этапов:

Этап I – сбор полевых данных, проходит совместно с получением первичной геологической информации по скважине. В первичную документацию (дневник) достаточно включить несколько дополнительных параметров по выделенным блокам – начало и конец блока (в метрах от устья скважины); длина блока; количество естественных трещин; модуль трещиноватости, общая длина качественного керна в блоке; показатель RQD; минимальное и максимальное расстояние между трещинами в блоке; среднее значение расстояния между трещинами. Для этого удобней всего использовать табличные бланки с необходимыми параметрами. Описанные выше параметры можно получить и по фотодокументации керна, что позволяет работать с архивными материалами.

Этап II – построение геологической колонки. Колонка строится традиционным способом с добавлением области для построения графиков по принятым структурным параметрам (модуль трещиноватости, RQD, среднее расстояние между трещинами). Для удобства восприятия рекомендуется применять соразмерный масштаб, уникальный цвет графиков и четко отделенные границы блоков на поле графиков (рис. 1).

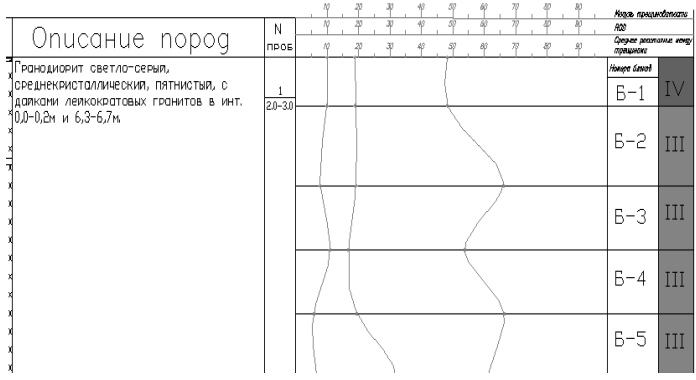


Рис.1 Типовой пример построения структурных графиков.

Этап III – определение благоприятных и опасных участков горного массива. Построение графиков позволяет визуально точно определить состояние горного массива в различных частях скважины. В процессе работ на различных месторождениях выделились несколько универсальных признаков ситуации.

Так, основными благоприятными признаками будут являться:

1. Резкое увеличение коэффициента RQD и среднего расстояния между трещинами на фоне резкого падения модуля трещиноватости в блоке.
2. Плавное изменение всех трех параметров при условии, что коэффициент RQD неизменно выше модуля трещиноватости.

Основными неблагоприятными признаками являются:

1. Резкое увеличение модуля трещиноватости на фоне резкого падения коэффициента RQD и среднего расстояния между трещинами в блоке.
2. Прерывание показателей (значение 0 или отсутствие данных) говорит о сильной раздробленности пород участка массива.
3. Плавное изменение всех трех параметров при условии, что модуль трещиноватости неизменно значительно выше коэффициента RQD.

Этап IV – анализ состояния всего массива. После оценки состояния в пределах отдельных скважин проводится разработка общих для всего массива признаков устойчивости с выделением в них усредненных классов по благоприятным условиям (табл. 1).

Таблица 1

Анализ состояния массива

Номер класса	Описание основных параметров класса.
А	**Блок горного массива благоприятный для проходки в нем горной выработки.** Имеет высокие значения RQD и низкие значения модуля трещиноватости. Имеет стабильно благоприятные параметры на протяжении 30 м и более. Соответствует второму описанному выше благоприятному признаку.
Б	**Блок горного массива неблагоприятный для проходки в нем горной выработки.** Имеет высокие значения RQD и низкие значения модуля трещиноватости, но малые мощности, что не позволяет спроектировать выработку с устойчивой кровлей. Соответствует первому описанному выше благоприятному признаку.
В	**Блок горного массива весьма неблагоприятный для проходки в нем горной выработки.** Имеет высокие значения модуля трещиноватости и низкие значения модуля RQD, что не позволяет запроектировать выработку с устойчивой кровлей. Соответствует какому-либо из описанных неблагоприятных признаков.

В дальнейшем проводится моделирование горного массива с различной степенью абстракции (от двумерных проекций до трехмерных цифровых моделей). На рисунке 2 представлен пример двумерной проекции.

Этап V – корреляция полученных данных с общепринятыми рейтинговыми классификациями. Как уже говорилось ранее, одним из недостатков данной методики является ограниченное количество применяемых параметров, что влияет на оценку устойчивости массива. Для устранения этого недостатка авторами предлагается процесс определения устойчивости горного массива разбивать на замкнутые циклы.

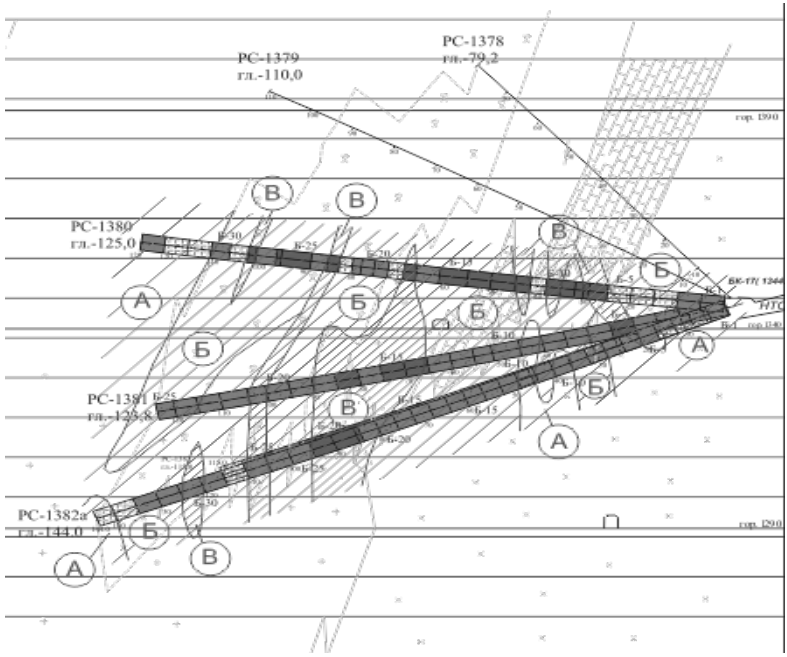


Рис.2. Геологический разрез по буровой линии с нанесенной информацией об устойчивости горного массива.

Один такой цикл должен иметь целью изучение конкретного участка горного массива месторождения и иметь четкий план разведочного бурения с определением объемов и сроков выполнения. В целом каждый цикл начинается с проведения разведочного бурения с попутным сбором информации для анализа и построения модели устойчивости горного массива. К завершению объемов бурения должна быть составлена и проанализирована модель устойчивости по полученным данным. По окончании цикла проводится заверочное геомеханическое бурение с получением полного набора информации для заранее выбранной общепринятой методики классификации массива. Такие работы по своему объему не должны превышать 10% от объема разведочного бурения. Целью таких работ будет исследование выделенных типовых площадок с благоприятными и опасными блоками горного массива, на предмет влияния физико-химических факторов на состояние массива. В результате заверочных работ проводится корреляция полученных ранее данных. Так же уточняются физико-механические свойства пород, необходимые для проведения расчетов по проектированию горных выработок.

Все описанные выше приемы авторы предлагают рассматривать как, краткое изложение идей, родившихся в процессе работы с различными рейтинговыми системами. К сожалению, формат статьи не позволяет полностью раскрыть все нюансы предложенной методики оценки

устойчивости горного массива, но, возможно, будет способствовать дальнейшему внедрению мирового опыта в практику работы наших горнодобывающих предприятий.

Литература

1. *Кузькин В.И., Ярг Л.А., Кочетков М.В.* Методическое руководство по изучению инженерно-геологических условий рудных месторождений при их разведке. ВИМС, М. 2001, 153 с.

2. *Кузьмин Е.В., Узбекова А.Р.* Рейтинговые классификации массивов горных пород и их практическое применение// ГИАБ (научно-технический журнал). 2005. № 5, с.181-185

3. *Рыбин В.В., Губинский Н.О.* Определение рейтинга массива горных пород карьеров ОАО «Апатит» в соответствии с геомеханической классификацией Д. Лобшира. // Проблемы и тенденции рационального и безопасного освоения георесурсов: сб. докл. Всерос. научн.-техн. конф. с междунар. участием. Апатиты-СПб.: Реноме, 2011, с.349-356.

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЛОКАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА УГЛЕДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В.И. Черных

ГОУ ВПО «Луганский национальный университет им. В. Даля»,
91034 г.Луганск, кв.Молодежный, 20а. E-mail: VicCher@yandex.ru

На территории Донбасса угледобывающие предприятия являются основными сформировавшими экономическую и социальную составляющую. В сложившейся ситуации на территории Донбасса занятость населения является основным социальным фактором, однако не стоит забывать об экологических последствиях работы угледобывающей отрасли. Основной государственной задачей является гармонизация социальных потребностей, с возможной нагрузкой на экологическую среду, за счет создания системы локального мониторинга в угледобывающих районах.

На протяжении последних пяти лет для добычи угля применяются новые технологии, которые отличаются от привычных технологий добычи в 90-х гг. XX в. К ним относится возможность строительства нетиповых шахт на выходах угольных пластов производственной мощностью 50-300 тыс. т/год с глубиной разработки до 300 м, и технологией обратной закладки породы в выработанное пространство, без поднятия породы на поверхность [1]. На нетиповых шахтах порода образуется при прохождении стволов, которая зачастую складируется на действующих породных отвалах, с целью уменьшения площади занимаемых земель под предприятие.

Несмотря на отсутствие основного источника выброса (породного отвала) на территории шахты, все же остается негативное влияние, которое вносит немалый вклад в загрязнение окружающей среды, которое необходимо контролировать, а также производить региональный и локальный мониторинг с целью получения более полной информации об экологической ситуации региона.

Мониторинг окружающей природной среды представляет собой комплексную систему долгосрочных наблюдений с целью оценки и прогноза изменений состояния биосферы или ее отдельных компонентов под влиянием антропогенных воздействий, предупреждения о создающихся критических ситуациях, вредных или опасных для здоровья людей, других живых организмов и их сообществ. В зависимости от территории, охватываемой наблюдениями, мониторинг подразделяется на три уровня: глобальный, региональный и локальный.

Главной задачей глобального мониторинга является слежение за общемировыми процессами и явлениями, включая антропогенные воздействия на биосферу.

Региональный мониторинг включает в себя слежение за процессами и явлениями в пределах какого-то региона, где эти процессы и явления могут отличаться и по природному характеру, и по антропогенным воздействиям от базового фона, характерного для всей биосферы.

Локальный мониторинг – это слежение за естественными природными явлениями и антропогенными воздействиями на небольших территориях. По методам ведения различают мониторинг дистанционный и наземный. Дистанционный мониторинг – это совокупность авиационных и космических методов наблюдения. Наземный мониторинг осуществляется физико-химическими и биологическими методами исследования компонентов природной среды (атмосферный воздух, недра, почвы, поверхностные и подземные воды, растительность, животный мир, наземные и водные экосистемы в целом), на которые распространяется антропогенное воздействие [2].

На данный момент к региональному мониторингу в нашем регионе относится:

- сбор данных о выбросах загрязняющих веществ при получении специального разрешения на осуществление выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух стационарными источниками;
- сбор данных при утверждении предельно-допустимого сброса (ПДС) веществ, поступающего в водный объект с возвратными водами по выпускам;
- сбор данных при получении специального разрешения на осуществление в сфере обращения с отходами;
- данные о контроле стационарных источников выбросов от предприятий, которые поставлены на государственный учет;
- данные при проведении контрольно-аналитическим сектором отдела водных ресурсов контроля за качеством поверхностных вод по 9-ти контрольным створам;
- фактические данные о выбросах, сбросах, образовании отходов при уплате экологического налога субъектами хозяйственной деятельности;
- данные о фоновых концентрациях по г.Луганск.

Данная информация не отображает полной картины загрязнения окружающей природной среды, в частности по загрязнению атмосферного воздуха, так как отсутствуют фактические замеры фоновых концентраций загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы, в других городах угледобывающего региона, за исключением г.Луганск.

Так же одной из проблем угледобывающих предприятий, является несоблюдение размеров нормативной санитарно-защитной зоны (500 м), как правило, связанное с близким залеганием угольного пласта к населенному пункту. Что, в свою очередь, предусматривает контроль приземных концентраций на границе санитарно-защитной и жилой зонах (в некоторых случаях на протяжении не менее 50 дней). Основными веществами, которые выбрасываются от стационарных источников выброса загрязняющих веществ на шахтах являются: диоксид азота, оксид углерода, сернистый ангидрид, пыль и метан.

С этой целью предлагается разработка локального мониторинга с использованием автоматизированной системы мониторинга. Локальный мониторинг ограничен небольшой территорией в пределах конкретного населенного пункта, промышленного объекта, озера и т.п. На локальном уровне экологического мониторинга в информационном портрете должны присутствовать все источники воздействия на природную среду [3].

На данный момент наиболее распространенными являются следующие системы контроля загрязнения атмосферы промышленных регионов с высокой антропогенной нагрузкой:

1. Автоматизированная информационная система «ТОГА».
2. Автоматизированная система контроля пылегазоочистных установок «АСК ПГУ».
3. Система контроля атмосферы промышленных объектов (СКАПО).
4. Автоматизированная система мониторинга атмосферы и контроля источников загрязнения (АСМАКИЗ).
5. Система EcoMonitor – автоматизированная система контроля качества воздуха.

К основным достоинствам системы контроля атмосферы промышленных объектов (СКАПО) можно отнести:

- структура системы позволяет заменить практически весь парк существующих на производстве стационарных газоаналитических приборов и контролировать на производстве до 256 потенциально опасных точек;
- контролируемый объект может быть расположен на расстоянии до 3000 м от блока сигнализации и управления. При создании системы контроля максимальное удаление объекта до 65 км;
- широкий спектр контролируемых газов обеспечивается возможностью комплектования системы датчиками с различными принципами действия, в том числе оптико-абсорбционными и термомагнитным [4].

Стационарные посты мониторинга атмосферного воздуха не могут дать объективной картины на территории угледобывающего района. Потому как если произведен выброс и вредные вещества в течение какого-то времени выбрасывались в атмосферный воздух, у мобильной станции измерений есть один, максимум два часа, чтобы выехать к месту выброса и произвести замеры. Существующая сеть мониторинга на стационарных постах не позволяет получить объективную картину в районах, отдаленных от постов наблюдения. К примеру, если вредные вещества выбрасывались точечным источником в течении часа, то при скорости 2 м/с начало облака распространится на 7,2 км и за счет разбавления значительно потеряет свою концентрацию на таком расстоянии. На границе ближайшей жилой зоны концентрации могут многократно превышать предельно-допустимые концентрации.

Внедрение локального мониторинга угледобывающего предприятия позволит получить реалистичные данные о загрязнении окружающей среды в данном районе, чем существующие статистические данные о выбросах загрязняющих веществ от стационарных источников.

Литература

1. *Большаков В.Н.* Экология: учеб. для вузов / В.Н. Большаков, И.Н. Липунов, В.И. Лобанов и др. Под ред. Г.В. Тягунова. М.: Интернет Инжиниринг, 2000. – 331 с.

2. *Гришаков К.В.,. Панарин В.М, Горюнкова А.А.* / Разработка автоматизированных систем мониторинга загрязнения атмосферы объектами газовой и химической промышленности/ Известия ТулГУ. Технические науки. 2015. Вып.8. Ч.2.

3. Экологический мониторинг: Учебно-методическое пособие. Изд. 3-е, испр. и доп. / Под ред. Т.Я. Ашихминой. М.: Академический Проект, 2006. – 416 с.

4. Об энергетическом балансе мировой экономики. http://samzan.ru/126181

УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

Абатурова И.В., Бобина Т.С. Риск возникновения деформаций в бортах карьеров, сложенными корами выветривания, с. *382*
Абатурова И.В., см. Звонарев Е.А., с. 417
Абатурова И.В., см. Корчак С.А., с. 439
Абрамова В.А., Замана Л.В. Гидрогеохимия горнопромышленных объектов Орловского танталового месторождения (Восточное Забайкалье), с. *236*
Аканов А.В., Макеева Т.Г. Определение начальных условий для размещения строительной площадки комплексов по переработке ТКО и выбора технологических решений, с. *483*
Алентьев Ю.Ю. Влияние открытой разработки нерудных полезных ископаемых на трансформацию водосборной площади рек и химического состава поверхностных вод, с. *242*
Алешин Ю.Г. см. Торгоев И.А., с. 552
Андреева И.В. Рекреационное водопользование в эколого-экономическом планировании прибрежных территорий, *с. 15*
Аржанцева З.Ю., см. Опекунов А.Ю., с. 349
Архипова М.В., Орлов Т.В. Дистанционные данные как основа контроля состояния лесов в зоне влияния месторождения твердых полезных ископаемых, *с.559*
Атрощенко Ф.Г. Эффективность гравитационного способа очистки больших объемов сточных вод от глинистых взвесей (на примере опыта эксплуатации сооружений по очистке карьерных и отвальных вод Ломоносовского ГОКа), *с.489*
Балахнов А.С. Концепция комплексной системы наблюдений за состоянием окружающей среды в Республике Коми, *с. 566*
Балханов В.К., Башкуев Ю.Б., Балханова Л.В. О вариациях уровня оз.Байкал, *с.21*
Балханова Л.В., см. Балханов В.К., с.21
Барабошкина Т.А.. см. Трофимов В.Т., с. 230
Баранов П.Н., Матюшкина О.П., Ошкадер А.В., Хребтова Т.В. О необходимости эколого-эстетической оценки отработанных месторождений полезных ископаемых и геологических объектов, *с. 27*
Бардамова И.В., Дорошкевич С.Г. Применение цеолитовых туфов месторождений Забайкалья для очистки рудничных вод, *с. 572*
Батрак Г.И. Качество исходной информации и точность гидрогеологических прогнозов при затоплении угольных шахт, *с. 248*
Батракова Г.М., см. Слюсарь Н.Н., с. 599
Башкуев Ю.Б., см. Балханов В.К., с. 21
Белкин П.А., Пузик А.Ю. Специфические микрокомпоненты в составе природных вод на территории разработки месторождения калийных солей, с. *254*

Белоусова А.П. Эволюция химического состава подземных вод под влиянием техногенеза на нефтяном месторождении, *с. 260*
Березина О.А., см. Сединин А.М., с. 539
Бисярин Н.А. см. Голуб В.Ю., с. 501
Блинов С.М., см. Меньшикова Е.А., с. 76
Бобина Т.С., см. Абатурова И.В., с. 382
Богданов Н.А. Оптимизация технологии горно-морских работ на подводных редкометалльных россыпях, *с. 33*
Богомаз М.В., см. Кадебская О.И., с. 428
Бол Чом Джуадж, см. Воробьев А.Е., с. 495
Болтыров В.Б., Дегтярев С.А., Селезнев С.Г., Стороженко Л.А. Экологические ущербы территорий образования и накопления горнопромышленных отходов, *с. 151*
Большаник П.В., Мухамедьянов Т.И. Геоэкологические проблемы трансформации рельефа территорий газодобывающих месторождений Тазовского полуострова, *с. 157*
Бондарь И.В., Маринин А.В. Напряженно-деформированное состояние Хибинского массива по данным полевых тектонофизических исследований, *с.388*
Бородина Е.В. Экологическое состояние водных объектов верховьев Катуни и бассейна оз. Тальмень (Горный Алтай), *с. 267*
Бузов С.А. см. Чернов А.Ю., с. 603
Булдакова Е.В., см. Заиканов В.Г., с. 179
Быкова А.Д., см. Гавришин А.И., с. 284
Воловинский И.В., см. Орлов Т.В., с. 590
Воробьев А.Е., Бол Чом Джуадж, Воробьев К.А. Обоснование комплексных «зеленых» технологий нефтяной промышленности, *с. 495*
Воробьев К.А.,см. Воробьев А.Е., с. 495
Воробьев С.А. Оценка техногенного загрязнения почв мышьяком в районе хвостохранилища рудника Хову-Аксы по данным опробования донных отложений (республика Тыва), *с. 273*
Воробьевская Е.Л., см. Евсеев А.В., с. 297
Воробьевская Е.Л., см. Мазурова А.Д., с. 315
Ворончихина Е.А., Ждакаев В.И. Мышьяк в естественных и техногенных геосистемах Пермского края, *с. 278*
Гавришин А.И., Суховий В.М., Быкова А.Д. О загрязнении поверхностных вод в восточном Донбассе, *с. 284*
Галиева А.Р., см. Мусин Р.Х., с.344
Галкин А.Н., Красовская И.А. Трансформация компонентов природной среды территорий горнопромышленных районов Беларуси, *с. 162*
Гао Жун, см. Семячков А.И., с.130
Гараева А.Н., см. Храмченков М.Г., с.472
Голуб В.Ю., Бисярин Н.А. Сточные воды горнопромышленных предприятий и методы их очистки, *с. 501*
Горбова С.В., см. Елохина С.Н., с. 400

Гребенец В.И., Юров Ф.Д., Толманов В.А., Хайрединова А.Г. Формирование техногенных каменных глетчеров из отвалов породы в горнодобывающих районах, *с. 394*
Григорьева С.В. Геоэкологические изменения природной среды в условиях складирования и хранения промышленных отходов (на примере территории Чебаркульского горнопромышленного района Южного Урала), *с. 578*
Гридневский А.В. Имитационное гидрогеологическое моделирование при поиске решений реабилитации техногенно-нарушенного режима грунтовых вод г. Ростова-на-Дону, *с.167*
Гусельцев А.С., см. Макарова Н.В., с.444
Даувальтер В.А. Загрязнение Арктических озер стоками железорудного предприятия, с. *290*
Дегтярев С.А., см. Болтыров В.Б., с. 151
Деменев А.Д., см. Сединин А.М., с. 539
Джамалов Р.Г., Медовар Ю.А., Юшманов И.О. Разработка никелевых месторождений в Воронежской области - экономические и геоэкологические потери, *с. 38*
Долгополова Е.Н. Многолетнемерзлые породы в условиях изменения климата и освоения земель криолитозоны, *с.173*
Должиков П.Н., Легостаев С.О. Опыт проведения повторной ликвидации наклонного вентиляционного ствола №2 шахты «Аютинская» ОАО «Ростовуголь», с. *44*
Дорошкевич С.Г. см. Бардамова И.В., с. 572
Евсеев А.В., Воробьевская Е.Л., Мазурова А.Д., Хусейнова А.Ф. Эколого-геохимический анализ состояния и трансформация природной среды в Хибинском горнопромышленном районе, *с. 297*
Екимова О.А., см. Парфенова Л.П., с. 355
Еланцева Л.А., Фоменко С.В. Гидрогеологические особенности кимберлитового месторождения трубки «Удачная», *с.303*
Елохина С.Н., Горбова С.В., Цветов Н.В., Цепелевич Т.Ю. Инженерно-геологические проблемы постэксплуатационного периода угольных разрезов Челябинской области, *с. 400*
Елохина С.Н., Киндлер А.А. Выбор параметров контроля текущего состояния опасных геологических процессов на территориях горного техногенеза пассивной стадии, *с. 405*
Ерёмин В.Н. см. Шешнёв А.С., с. 478
Ермаков Д.М., Саворский В.П., *Лупян Е.А*. Разработка методических основ автоматизированного спутникового экологического мониторинга горнопромышленных районов, *с. 581*
Ждакаев В.И., см. Ворончихина Е.А., с. 278
Ждакаев В.И., см. Минькевич И.И., с.454
Жигалин А.Д. Эколого-геофизический мониторинг горнопромышленных комплексов, *с. 584*
Жолудева И.Д. Лесная рекультивация как метод оптимизации техногенных ландшафтов в Донбассе, *с.505*

Жур В.Н. Оценка технического состояния зданий и сооружений в геологических и техногенных условиях восточного Донбасса, *с. 412*
Заиканов В.Г., Минакова Т.Б., Булдакова Е.В., Сависько И.С. Геоэкологическая безопасность городов в горнопромышленных и техногенно-нагруженных районах, *с. 179*
Заиканова И.Н. Прошлое и настоящее в сырьевой и горнодобывающей политике республики Польши, с.
Замана Л.В., см. *Абрамова В.А., с. 52*
Захаров С.А., Мустафин С.К. Рекультивация земель как инструмент реабилитации техногенно-нарушенных недропользованием территорий Арктики, *с. 510*
Звонарев Е.А., Корчак С.А., Абатурова И.В. Влияние способа проведения подземных горных выработок на развитие геодинамических процессов, *с. 417*
Звонарев Е.А., см. Корчак С.А., с. 439
Зеркаль О.В., см. Самарин Е.Н., с. 533
Иванова Л.Д., Самсонова В.В. Формирование техногенных наледей на линейных сооружениях в пределах Приленского плато, *с.423*
Игнатов О.Р. Экологическая сеть как инструмент обеспечения экологической безопасности региона, *с. 517*
Ильиных Г.В., см. Слюсарь Н.Н., с.599
Кадебская О.И., Богомаз М.В., Лаврова Н.В. Активизация опасных геологических процессов в пределах шахтных полей Чусовского района Пермского края в период 2015-2017 гг., *с. 428*
Казеев А.И. Механизм образования разрушительных глубоких оползней на городских территориях и в горнопромышленных районах, *с. 432*
Караваева Т.И., см. Меньшикова Е.А., с. 76
Карпенко Ю.А., см. Мишанькин А.Ю., с. 338
Карфидова Е.А., Макеев В.М., Сизов А.П., Кравченко И.М., Пикулик Е.А. Актуальные задачи геоэкологической оценки Соликамского городского округа в аспекте регулирования земельно-правовых отношений, *с. 184*
Катаев В.Н. Особенности углеводородного загрязнения сульфатно-карбонатных карстовых массивов, *с. 309*
Кашеварова А.А., см. Минькевич И.И., с. 454
Кашинцева Л.В., см. Панарин В.М., с. 107
Килин И.Ю. Влияние нового строительства на подтопление г. Перми, *с. 190*
Килин Ю.А., см. Минькевич И.И., с. 454
Киндлер А.А. см. Елохина С.Н., с. 405
Клименков Г.В. Экологическое благополучие и повышение качества жизни населения как критерии устойчивого развития Пермского края, *с. 196*
Клименков Г.В., см. Пыткин А.Н., с. 123
Козлов А.Е., см. Носков М.Д., с. 90
Козлов В.С., *см. Нугманова Э.Д., с. 207*
Кокорев О.Н., см. Носков М.Д., с.90
Копылов М.И. Экологические проблемы при отработке техногенных россыпей золота в Дальневосточном регионе, *с. 56*
Коробова И.В., см. Макеев В.М., с. 448

Корчак С.А., Звонарев Е.А., Абатурова И.В. Трещиноватость как фактор геодинамической устойчивости бортов карьеров, *с. 439*
Корчак С.А., см. Звонарев Е.А., с. 417
Кошельник А.А., см. Семячков А.И., с. 130
Кравченко И.М., см. Карфидова Е.А., с.184
Кравченко Н.С., см. Самарин Е.Н., с. 533
Красовская И.А., *см. Галкин А.Н., с. 162*
Крутик И.А., см. Щукова И.В., с. 376
Кудряшова О.С. Снижение водопроницаемости пород при осаждении вод, *с.61*
Кукушкин С.Ю., см. Опекунов А.Ю., с.349
Курочкин В.Ю., см. Наумова Ю.А., с. 85
Кусайко Н.П., см. Подлипенская Л.Е., с.117
Кутинов Ю.Г., см. Полякова Е.В., с. 358
Лаврова Н.В., см. Кадебская О.И., с. 428
Легостаев С.О., см. *Должиков П.Н., с.44*
Лихачева Э.А., см. Чеснокова И.В., с. 147
Лупян Е.А., см. *Ермаков Д.М., с.581*
Мазурова А.Д., Воробьевская Е.Л., Седова Н.Б., Цымбал М.Н. Современное состояние окружающей среды в зоне воздействия Ловозерского горно-обогатительного комбината (Кольский полуостров), *с.315*
Мазурова А.Д., см. Евсеев А.В., с.297
Макаров В.Н., Торговкин Н.В. Влияние подземного захоронения дренажных рассолов алмазоносной трубки Удачная на химический состав поверхностных вод, *с. 321*
Макарова Н.В., Макеев В.М., Суханова Т.В., Гусельцев А.С. Активизация суффозионных процессов на Сальско-Донском поднятии (территория расположения Ростовской АЭС), *с. 444*
Макеев В.М., Коробова И.В., Никитин С.Н. Неотектоника, геодинамика и сейсмичность Катав-Саткинской зоны интерференции Урала, *с. 448*
Макеев В.М., см. Карфидова Е.А., с. 184
Макеев В.М., см. Макарова Н.В., с. 444
Макеева Т.Г. см. Аканов А.В., с. 483
Максимович Н.Г., см. Сединин А.М., с. 539
Мамахатов Т.М. Экологические ущербы территорий при добыче тяжелой и сланцевой нефти, *с. 66*
Мамахатова Р.Т. Эколого-экономическая целесообразность вовлечения в хозяйственный оборот техногенных отходов минерально-сырьевого комплекса Сибири, *с. 71*
Маринин А.В.. см. Бондарь И.В., с. 388
Матонин В.В., см. Оралова А.Т., с. 100
Матюшкина О.П., см. Баранов П.Н., с. 27
Медовар Ю.А., см. Джамалов Р.Г., с. 38
Мельников М.Н. Выявление источников нефтепромыслового загрязнения пресных подземных вод в районе с. Карамалы и разработка мероприятий по их ликвидации, *с. 326*

Меньшикова Е.А., Блинов С.М., Караваева Т.И. Состояние окружающей среды в районе Качканарского ГОКа и направления достижения эколого-экономического баланса природопользования, *с. 76*
Мещерякова О.Ю., см. Сединин А.М., с. 539
Минакова Т.Б. Рекультивация – путь повышения природно-ресурсного потенциала горнопромышленных районов, *с. 520*
Минакова Т.Б., см. Заиканов В.Г., с. 179
Минеев А.Л., см. Полякова Е.В., с. 358
Минин И.В. Управление составом атмосферы в подземных рудниках, *с. 81*
Минькевич И.И., Килин Ю.А., Кашеварова А.А., Ждакаев В.И. Эколого-гидрогеологическая характеристика Чусовского мыса Камского водохранилища, *с. 454*
Мирзакулов М.Т. Задачи и состояние радиоэкологии Ахангаранского региона Республики Узбекистан, *с. 202*
Митюшева Т.П. Изменение подземной гидросферы горнопромышленных районов Республики Коми, *с. 332*
Мишанькин А.Ю., Филимоненко Е.А., Карпенко Ю.А. Эколого-геохимические и минералогические особенности почв и донных отложений водотоков территории золоторудного месторождения Вьюн (Республика Саха-Якутия), *с.338*
Мусин Р.Х., Галиева А.Р. Буферные свойства геологической среды и рациональное природопользование (на примере Нижнекамской промзоны Республики Татарстан), *с.344*
Мустафин С.К., см. Захаров С.А., с.510
Мухамедьянов Т.И., см. Большаник П.В., с.157
Наумова Ю.А., Курочкин В.Ю., Хорошавина Е.И. Проблемы охраны и рационального использования углекислых минеральных вод Шадринского месторождения Курганской области, *с.85*
Некрасова Л.А., см. Чеснокова И.В., с. 147
Никитин С.Н., см. см. Макеев В.М., с. 448
Николаева С.К., см. Сухорукова С.О., с.546
Носков М.Д., Щипков А.А., Кокорев О.Н., Козлов А.Е. Концепция «умного полигона» глубинного захоронения ЖРО, *с. 90*
Нугманова Э.Д., Петрова И.Г. Козлов В.С. Трансформация эколого-геологических условий на объектах транспортной инфраструктуры Тарынского хаба, *с. 207*
Огородникова Е.Н., см. Сухорукова С.О., с. 546
Озерский А.Ю. Опыт исследования теплофизических свойств пород архейского массива, *с. 93*
Ольховатенко В.Е. Трансформация окружающей среды при разработке открытым способом угольных месторождений Кузбасса, *с. 212*
Опекунов А.Ю., Опекунова М.Г., Кукушкин С.Ю., Спасский В.В., Яськевич Е.В., Аржанцева З.Ю., Сомов В.В. Анализ накопленного экологического ущерба в речных системах на территории Сибайского медноколчеданного месторождения, *с.349*
Опекунова М.Г., см. Опекунов А.Ю., с.349

Оралова А.Т., Цешковская Е.А., Матонин В.В. Влияние на воздушную среду работ по увеличению высоты отвала обогатительной фабрики, *с.100*
Орлов Т.В. см. Архипова М.В., с.559
Орлов Т.В., Воловинский И.В., Смагин В.А. Изучение обводненности и мутности поля поверхностной фильтрации на верховом болоте с помощью комплекса индикационно-геоботанического и дистанционного методов, *с.590*
Осика И.В. Повышение качества прогнозов состояния особо опасных, технически сложных и уникальных объектов, *с.103*
Осипов В.И. Природопользование как важнейший фактор устойчивого развития, *с. 6*
Ошкадер А.В., см. Баранов П.Н., с.27
Панарин В.М., Кашинцева Л.В. Социально-экономическая концепция продления трудового долголетия на горнопромышленных предприятиях, *с.107*
Парфенова Л.П., Екимова О.А. Снежный покров как индикатор загрязнения окружающей среды в г. Красноуральске, *с.355*
Петрищев В.П. Возможности конвергенции природопользования в пределах соляных структур, *с.113*
Петрова И.Г., Савинцев И.А., Стороженко Л.А. Формирование постэксплуатационного техногенеза в зоне влияния рудника Кабан, *с. 218*
Петрова И.Г., см. Нугманова Э.Д., с. 207
Пикулик Е.А., см. Карфидова Е.А., с.184
Подлипенская Л.Е., Кусайко Н.П. Подход к исследованию эколого-экономической целесообразности проектов угольной отрасли, *с. 117*
Подлипский И.И. Инновационный комплекс методов эколого-геологического мониторинга и оценки состояния геологической среды на объектах накопленного экологического ущерба, *с. 595*
Полякова Е.В., Кутинов Ю.Г., Минеев А.Л., Чистова З.Б. Оценка состояния подземных вод юго-восточного Беломорья на основе цифровой модели рельефа, *с.358*
Помеляйко И.С. Трансформация верхней гидродинамической зоны курорта Кисловодск, *с.224*
Постоев Г.П. Новые технические решения по расчёту диаметра провала над подземной полостью*, с. 460*
Почечун В.А., см. Семячков А.И., с.130
Пузик А.Ю., см. Белкин П.А., с. 254
Пыткин А.Н., Клименков Г.В. Экологическая безопасность и экологическая модернизация экономики региона, *с. 123*
Родькина И.А., см. Самарин Е.Н., с.533
Рыбников П.А. см. Рыбникова Л.С., с.527
Рыбникова Л.С., Рыбников П.А. Экологический ущерб и ценность ресурсов гидроминерального сырья в недрах отработанных медноколчеданных рудников среднего Урала, *с. 527*
Савинцев И.А., см. Петрова И.Г., с.218
Сависько И.С., см. Заиканов В.Г., с.179
Саворский В.П., см. *Ермаков Д.М., с.581*

Самарин Е.Н., Кравченко Н.С., Зеркаль О.В., Чернов М.С., Родькина И.А. Омоноличивание отходов Байкальского ЦБК для снижения нагрузки на экосистему оз. Байкал, *с. 533*
Самсонова В.В., см. *Иванова Л.Д., с.423*
Светашова К.Д., см. Харькина М.А., с.370
Сединин А.М., Максимович Н.Г., Хмурчик В.Т., Деменев А.Д., Березина О.А., Мещерякова О.Ю. Экологические проблемы территории Кизеловского угольного бассейна и их комплексное решение, *с.539*
Седова Н.Б., см. Мазурова А.Д., с.315
Селедчик П.А., см. Сухорукова С.О., с.546
Селезнев С.Г., см. Болтыров В.Б., с. 151
Семячков А.И., Почечун В.А., Кошельник А.А., Гао Жун Использование мирового опыта финансово-экономической деятельности предприятий по охране окружающей среды, *с.130*
Сизов А.П., см. Карфидова Е.А., с. 184
Слюсарь Н.Н., Батракова Г.М., Ильиных Г.В. Применение аэрофотосъемки при обследовании выведенных из эксплуатации объектов размещения отходов*, с.599*
Смагин В.А., Орлов Т.В., с.590
Сомов В.В., см. Опекунов А.Ю., с.349
Спасский В.В., см. Опекунов А.Ю., с. 349
Стороженко Л.А., см. Болтыров В.Б., с. 151
Стороженко Л.А., см. Петрова И.Г., с.218
Суханова Т.В., см. Макарова Н.В., с. 444
Суховий В.М., см. Гавришин А.И., с. 284
Сухорукова С.О., Селедчик П.А., Николаева С.К., Огородникова Е.Н. Экспериментальное исследование состава и свойств осадка шахтных вод Кизеловского угольного бассейна, *с.546*
Толманов В.А., см. Гребенец В.И., с. 394
Торговкин Н.В., см. Макаров В.Н., с.321
Торгоев И.А. Загрязнение окружающей среды в районе производства ртути и сурьмы (Кыргызстан), *с.364*
Торгоев И.А., Алешин Ю.Г. Реабилитация объектов уранового наследия в оползнеопасных районах Кыргызстана, с. 552
Трофимов В.Т., Барабошкина Т.А. Горнодобывающая отрасль экономики и её влияние на качество ресурса геологического пространства северной Евразии, с. 230
Трофимов В.Т., Харькина М.А. Трансформация геологического пространства и его качества при активизации геологических процессов в районах разработки месторождений полезных ископаемых, экологические последствия, с.466
Филимоненко Е.А., см. Мишанькин А.Ю., с. 338
Фоменко С.В., см. Еланцева Л.А., с. 303
Хайрединова А.Г.. см. Гребенец В.И., с. 394

Харькина М.А., Светашова К.Д. Трансформация качества ресурса геологического пространства бассейна р. Медведица (Волгоградская область) под влиянием горнодобывающей деятельности, *с.370*
Харькина М.А., см. *Трофимов В.Т. с.466*
Хмурчик В.Т., см. Сединин А.М., с.539
Хорошавина Е.И., см. *Наумова Ю.А., с. 85*
Храмченков М.Г., Храмченков Э.М., Гараева А.Н. Модель кольматационно-суффозионного механизма миграции веществ в поровом пространстве, *с. 472*
Храмченков Э.М., см. Храмченков М.Г., с.472
Хребтова Т.В., см. Баранов П.Н., с.27
Хусейнова А.Ф., см. Евсеев А.В., с. 297
Цветов Н.В., см. Елохина С.Н., с. 400
Цепелевич Т.Ю., см. Елохина С.Н., с.400
Цешковская Е.А., см. Оралова А.Т., с. 100
Цымбал М.Н., см. Мазурова А.Д., с.315
Цымбалов А.А. Перспектива внедрения технологии ВИГДОС-СИЦА в модель устойчивого развития региона, *с.135*
Цымбалов А.А. Эффективность регенерации закольматированных скважин на основе эколого-экономических принципов, *с. 139*
Чернов А.Ю., Бузов С.А. Применение рейтинговых классификаций массивов горных пород на основе общепринятой системы документации горных выработок, *с.603*
Чернов М.С., см. Самарин Е.Н., с. 533
Черных В.И. Организация системы локального мониторинга угледобывающего предприятия, с.*609*
Черных В.И. Использование шахтных вод как источника водоснабжения, *с. 143*
Чеснокова И.В., Лихачева Э.А., Некрасова Л.А. Задачи достижения эколого-экономического баланса на основе геоморфологической оценки земельных ресурсов, *с. 147*
Чистова З.Б., см. Полякова Е.В., с. 358
Шешнёв А.С., Ерёмин В.Н. Активизация оползневых процессов в зоне воздействия Соколовогорского нефтегазопромысла (г. Саратов), *с.478*
Щипков А.А., см. Носков М.Д., с.90
Щукова И.В., Крутик И.А. Состав поверхностных вод на участке планируемого горно-химического производства на территории ВКМКС, *с.376*
Юров Ф.Д., см. Гребенец В.И., с. 394
Юшманов И.О., см. Джамалов Р.Г., с.38
Яськевич Е.В., см. Опекунов А.Ю., с.349

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие *(Осипов В.И., Максимович Н.Г.)*……..…... 4
Осипов В.И. Природопользование как важнейший фактор устойчивого развития …….. 6

1. **Рациональное природопользование. Пути оптимизации и достижения экономической эффективности**
Андреева И.В. Рекреационное водопользование в эколого-экономическом планировании прибрежных территорий …… 15
Балханов В.К., Башкуев Ю.Б., Балханова Л.В.
О вариациях уровня оз. Байкал ……... 21
Баранов П.Н., Матюшкина О.П., Ошкадер А.В., Хребтова Т.В.
О необходимости эколого-эстетической оценки отработанных месторождений полезных ископаемых и геологических объектов ..…….... 27
Богданов Н.А. Оптимизация технологии горно-морских работ на подводных редкометалльных россыпях …… 33
Джамалов Р.Г., Медовар Ю.А., Юшманов И.О.
Разработка никелевых месторождений в Воронежской области - экономические и геоэкологические потери ……..…… 38
Должиков П.Н., Легостаев С.О. Опыт проведения повторной ликвидации наклонного вентиляционного ствола №2 шахты «Аютинская» ОАО «Ростовуголь» ……..…….. 44
Заиканова И.Н. Прошлое и настоящее в сырьевой и горнодобывающей политике республики Польши …… 52
Копылов М.И. Экологические проблемы при отработке техногенных россыпей золота в Дальневосточном регионе ……..…… 56
Кудряшова О.С. Снижение водопроницаемости пород при осаждении вод …….. 61
Мамахатов Т.М. Экологические ущербы территорий при добыче тяжелой и сланцевой нефти …… 66
Мамахатова Р.Т. Эколого-экономическая целесообразность вовлечения в хозяйственный оборот техногенных отходов минерально-сырьевого комплекса Сибири ……..…… 71
Меньшикова Е.А., Блинов С.М., Караваева Т.И. Состояние окружающей среды в районе Качканарского ГОКа и направления достижения эколого-экономического баланса природопользования ……. 76
Минин И.В. Управление составом атмосферы в подземных рудниках ….. 81
Наумова Ю.А., Курочкин В.Ю., Хорошавина Е.И. Проблемы охраны и рационального использования углекислых минеральных вод Шадринского месторождения Курганской области ……..... 85
Носков М.Д., Щипков А.А., Кокорев О.Н., Козлов А.Е.
Концепция «умного полигона» глубинного захоронения ЖРО ……. 90
Озерский А.Ю. Опыт исследования теплофизических свойств пород архейского массива ……..…….. 93

Оралова А.Т., Цешковская Е.А., Матонин В.В. Влияние на воздушную среду работ по увеличению высоты отвала обогатительной фабрики ……..… 100
Осика И.В. Повышение качества прогнозов состояния особо опасных, технически сложных и уникальных объектов ……..… 103
Панарин В.М., Кашинцева Л.В.
Социально-экономическая концепция продления трудового долголетия на горнопромышленных предприятиях ……..… 107
Петрищев В.П. Возможности конвергенции природопользования в пределах соляных структур ……..…. 113
Подлипенская Л.Е., Кусайко Н.П. Подход к исследованию эколого-экономической целесообразности проектов угольной отрасли ……..….. 117
Пыткин А.Н., Клименков Г.В. Экологическая безопасность и экологическая модернизация экономики региона ……..... 123
Семячков А.И., Почечун В.А., Кошельник А.А., Гао Жун
Использование мирового опыта финансово-экономической деятельности предприятий по охране окружающей среды ……... 130
Цымбалов А.А. Перспектива внедрения технологии ВИГДОС-СИЦА в модель устойчивого развития региона …….. 135
Цымбалов А.А. Эффективность регенерации закольматированных скважин на основе эколого-экономических принципов …… 139
Черных В.И. Использование шахтных вод как источника водоснабжения ……... 143
Чеснокова И.В., Лихачева Э.А., Некрасова Л.А. Задачи достижения эколого-экономического баланса на основе геоморфологической оценки земельных ресурсов ……..…. 147

2. Общие проблемы экологической безопасности техногенно-нагруженных территорий

Болтыров В.Б., Дегтярев С.А., Селезнев С.Г., Стороженко Л.А.
Экологические ущербы территорий образования и накопления горнопромышленных отходов …….. 151
Большаник П.В., Мухамедьянов Т.И. Геоэкологические проблемы трансформации рельефа территорий газодобывающих месторождений Тазовского полуострова …… 157
Галкин А.Н., Красовская И.А. Трансформация компонентов природной среды территорий горнопромышленных районов Беларуси …….. 162
Гридневский А.В. Имитационное гидрогеологическое моделирование при поиске решений реабилитации техногенно-нарушенного режима грунтовых вод г. Ростова-на-Дону ……..… 167
Долгополова Е.Н. Многолетнемерзлые породы в условиях изменения климата и освоения земель криолитозоны ……..… 173
Заиканов В.Г., Минакова Т.Б., Булдакова Е.В., Сависько И.С.
Геоэкологическая безопасность городов в горнопромышленных и техногенно-нагруженных районах ……...…… 179

Карфидова Е.А., Макеев В.М., Сизов А.П., Кравченко И.М., Пикулик Е.А. Актуальные задачи геоэкологической оценки Соликамского городского округа в аспекте регулирования земельно-правовых отношений …… 184
Килин И.Ю. Влияние нового строительства на подтопление г. Перми …… 190
Клименков Г.В. Экологическое благополучие и повышение качества жизни населения как критерии устойчивого развития Пермского края ….. 196
Мирзакулов М.Т. Задачи и состояние радиоэкологии Ахангаранского региона Республики Узбекистан …….……. 202
Нугманова Э.Д., Петрова И.Г. Козлов В.С. Трансформация эколого-геологических условий на объектах транспортной инфраструктуры Тарынского хаба ……... 207
Ольховатенко В.Е. Трансформация окружающей среды при разработке открытым способом угольных месторождений Кузбасса ……. 212
Петрова И.Г., Савинцев И.А., Стороженко Л.А. Формирование постэксплуатационного техногенеза в зоне влияния рудника Кабан …….... 218
Помеляйко И.С. Трансформация верхней гидродинамической зоны курорта Кисловодск ……...…… 224
Трофимов В.Т., Барабошкина Т.А. Горнодобывающая отрасль экономики и её влияние на качество ресурса геологического пространства северной Евразии ……... 230

3. Загрязнение природной среды и трансформация гидросферы в горнопромышленных районах
Абрамова В.А., Замана Л.В. Гидрогеохимия горнопромышленных объектов Орловского танталового месторождения (Восточное Забайкалье) ……..… 236
Алентьев Ю.Ю. Влияние открытой разработки нерудных полезных ископаемых на трансформацию водосборной площади рек и химического состава поверхностных вод …….. 242
Батрак Г.И. Качество исходной информации и точность гидрогеологических прогнозов при затоплении угольных шахт …….. 248
Белкин П.А., Пузик А.Ю. Специфические микрокомпоненты в составе природных вод на территории разработки месторождения калийных солей …….. 254
Белоусова А.П. Эволюция химического состава подземных вод под влиянием техногенеза на нефтяном месторождении …….. 260
Бородина Е.В. Экологическое состояние водных объектов верховьев Катуни и бассейна оз. Тальмень (Горный Алтай) ……... 267
Воробьев С.А. Оценка техногенного загрязнения почв мышьяком в районе хвостохранилища рудника Хову-Аксы по данным опробования донных отложений (республика Тыва) …… 273
Ворончихина Е.А., Ждакаев В.И. Мышьяк в естественных и техногенных геосистемах Пермского края …….. 278
Гавришин А.И., Суховий В.М., Быкова А.Д. О загрязнении поверхностных вод в восточном Донбассе …….. 284
Даувальтер В.А. Загрязнение Арктических озер стоками железорудного предприятия ……..…… 290

Евсеев А.В., Воробьевская Е.Л., Мазурова А.Д., Хусейнова А.Ф.
Эколого-геохимический анализ состояния и трансформация
природной среды в Хибинском горнопромышленном районе ……..… 297
Еланцева Л.А., Фоменко С.В. Гидрогеологические особенности
кимберлитового месторождения трубки «Удачная» …….. 303
Катаев В.Н. Особенности углеводородного загрязнения
сульфатно-карбонатных карстовых массивов ……...…. 309
Мазурова А.Д., Воробьевская Е.Л., Седова Н.Б., Цымбал М.Н.
Современное состояние окружающей среды в зоне воздействия Ловозерского
горно-обогатительного комбината (Кольский полуостров) ……. 315
Макаров В.Н., Торговкин Н.В. Влияние подземного захоронения
дренажных рассолов алмазоносной трубки Удачная
на химический состав поверхностных вод …….. 321
Мельников М.Н. Выявление источников нефтепромыслового
загрязнения пресных подземных вод в районе с. Карамалы и
разработка мероприятий по их ликвидации ……...……. 326
Митюшева Т.П. Изменение подземной гидросферы
горнопромышленных районов Республики Коми ……...……... 332
Мишанькин А.Ю., Филимоненко Е.А., Карпенко Ю.А.
Эколого-геохимические и минералогические особенности почв
и донных отложений водотоков территории золоторудного
месторождения Вьюн (Республика Саха-Якутия) …….. 338
Мусин Р.Х., Галиева А.Р. Буферные свойства геологической среды
и рациональное природопользование (на примере
Нижнекамской промзоны Республики Татарстан) ……...….. 344
Опекунов А.Ю., Опекунова М.Г., Кукушкин С.Ю., Спасский В.В.,
Яськевич Е.В., Аржанцева З.Ю., Сомов В.В.
Анализ накопленного экологического ущерба в речных системах
на территории Сибайского медноколчеданного месторождения …… 349
Парфенова Л.П., Екимова О.А. Снежный покров как индикатор
загрязнения окружающей среды в г. Красноуральске ……...…… 355
Полякова Е.В., Кутинов Ю.Г., Минеев А.Л., Чистова З.Б.
Оценка состояния подземных вод юго-восточного Беломорья
на основе цифровой модели рельефа ……..… 358
Торгоев И.А. Загрязнение окружающей среды в районе
производства ртути и сурьмы (Кыргызстан) …….. 364
Харькина М.А., Светашова К.Д. Трансформация качества ресурса
геологического пространства бассейна р. Медведица (Волгоградская
область) под влиянием горнодобывающей деятельности …… 370
Щукова И.В., Крутик И.А. Состав поверхностных вод
на участке планируемого горно-химического производства
на территории ВКМКС …….. 376

4. Активизация опасных природных процессов в районах разработки месторождений полезных ископаемых

Абатурова И.В., Бобина Т.С. Риск возникновения деформаций в бортах карьеров, сложенными корами выветривания ……..…… 382
Бондарь И.В., Маринин А.В. Напряженно-деформированное состояние Хибинского массива по данным полевых тектонофизических исследований ……...…… 388
Гребенец В.И., Юров Ф.Д., Толманов В.А., Хайрединова А.Г. Формирование техногенных каменных глетчеров из отвалов породы в горнодобывающих районах ……...…… 394
Елохина С.Н., Горбова С.В., Цветов Н.В., Цепелевич Т.Ю. Инженерно-геологические проблемы постэксплуатационного периода угольных разрезов Челябинской области …….. 400
Елохина С.Н., Киндлер А.А. Выбор параметров контроля текущего состояния опасных геологических процессов на территориях горного техногенеза пассивной стадии …….. 405
Жур В.Н. Оценка технического состояния зданий и сооружений в геологических и техногенных условиях восточного Донбасса ……. 412
Звонарев Е.А., Корчак С.А., Абатурова И.В. Влияние способа проведения подземных горных выработок на развитие геодинамических процессов ……...……. 417
Иванова Л.Д., Самсонова В.В. Формирование техногенных наледей на линейных сооружениях в пределах Приленского плато ……...… 423
Кадебская О.И., Богомаз М.В., Лаврова Н.В. Активизация опасных геологических процессов в пределах шахтных полей Чусовского района Пермского края в период 2015-2017 гг. ……... 428
Казеев А.И. Механизм образования разрушительных глубоких оползней на городских территориях и в горнопромышленных районах …….. 432
Корчак С.А., Звонарев Е.А., Абатурова И.В. Трещиноватость как фактор геодинамической устойчивости бортов карьеров ……... 439
Макарова Н.В., Макеев В.М., Суханова Т.В., Гусельцев А.С. Активизация суффозионных процессов на Сальско-Донском поднятии (территория расположения Ростовской АЭС) ……..…. 444
Макеев В.М., Коробова И.В., Никитин С.Н. Неотектоника, геодинамика и сейсмичность Катав-Саткинской зоны интерференции Урала …….. 448
Минькевич И.И., Килин Ю.А., Кашеварова А.А., Ждакаев В.И. Эколого-гидрогеологическая характеристика Чусовского мыса Камского водохранилища ……. 454
Постоев Г.П. Новые технические решения по расчёту диаметра провала над подземной полостью ……...…… 460
Трофимов В.Т., *Харькина М.А.,* Трансформация геологического пространства и его качества при активизации геологических процессов в районах разработки месторождений полезных ископаемых, экологические последствия …….. 466
Храмченков М.Г., Храмченков Э.М., Гараева А.Н. Модель кольматационно-суффозионного механизма миграции веществ в поровом пространстве ……. 472

Шешнёв А.С., Ерёмин В.Н. Активизация оползневых процессов в зоне воздействия Соколовогорского нефтегазопромысла (г. Саратов) …..……. 478

5. Пути реабилитации техногенно-нагруженных территорий
*Аканов А.В., Макеева Т.Г. О*пределение начальных условий для размещения строительной площадки комплексов по переработке ТКО и выбора технологических решений ……..…. 483
Атрощенко Ф.Г. Эффективность гравитационного способа очистки больших объемов сточных вод от глинистых взвесей (на примере опыта эксплуатации сооружений по очистке карьерных и отвальных вод Ломоносовского ГОКа) ……..... 489
Воробьев А.Е., Бол Чом Джуадж, Воробьев К.А. Обоснование комплексных «зеленых» технологий нефтяной промышленности ……..… 495
Голуб В.Ю., Бисярин Н.А. Сточные воды горнопромышленных предприятий и методы их очистки ……..…….. 501
Жолудева И.Д. Лесная рекультивация как метод оптимизации техногенных ландшафтов в Донбассе ……..…… 505
Захаров С.А., Мустафин С.К. Рекультивация земель как инструмент реабилитации техногенно-нарушенных недропользованием территорий Арктики ……...…… 510
Игнатов О.Р. Экологическая сеть как инструмент обеспечения экологической безопасности региона …….517
Минакова Т.Б. Рекультивация – путь повышения природно-ресурсного потенциала горнопромышленных районов ……..…. 520
Рыбникова Л.С., Рыбников П.А. Экологический ущерб и ценность ресурсов гидроминерального сырья в недрах отработанных медноколчеданных рудников среднего Урала ……...… 527
Самарин Е.Н., Кравченко Н.С., Зеркаль О.В., Чернов М.С., Родькина И.А. Омоноличивание отходов Байкальского ЦБК для снижения нагрузки на экосистему оз. Байкал …… 533
Сединин А.М., Максимович Н.Г., Хмурчик В.Т., Деменев А.Д., Березина О.А., Мещерякова О.Ю. Экологические проблемы территории Кизеловского угольного бассейна и их комплексное решение ……. 539
Сухорукова С.О., Селедчик П.А., Николаева С.К., Огородникова Е.Н. Экспериментальное исследование состава и свойств осадка шахтных вод Кизеловского угольного бассейна ……..…….. 546
Торгоев И.А., Алешин Ю.Г. Реабилитации объектов уранового наследия в оползнеопасных районах Кыргызстана …… 552

6. Развитие методов исследований и мониторинга трансформации природной среды
Архипова М.В., Орлов Т.В. Дистанционные данные как основа контроля состояния лесов в зоне влияния месторождения твердых полезных ископаемых ……...…….. 559
Балахнов А.С. Концепция комплексной системы наблюдений за состоянием окружающей среды в Республике Коми ……...…….. 566

Бардамова И.В., Дорошкевич С.Г. Применение цеолитовых туфов месторождений Забайкалья для очистки рудничных вод ……..…… 572
Григорьева С.В. Геоэкологические изменения природной среды в условиях складирования и хранения промышленных отходов (на примере территории Чебаркульского горнопромышленного района Южного Урала) …….…… 578
Ермаков Д.М., Саворский В.П., *Лупян Е.А*. Разработка методических основ автоматизированного спутникового экологического мониторинга горнопромышленных районов ……..…..… 581
Жигалин А.Д. Эколого-геофизический мониторинг горнопромышленных комплексов …… 584
Орлов Т.В., Воловинский И.В., Смагин В.А. Изучение обводненности и мутности поля поверхностной фильтрации на верховом болоте с помощью комплекса индикационно-геоботанического и дистанционного методов ……..…… 590
Подлипский И.И. Инновационный комплекс методов эколого-геологического мониторинга и оценки состояния геологической среды на объектах накопленного экологического ущерба …… 595
Слюсарь Н.Н., Батракова Г.М., Ильиных Г.В. Применение аэрофотосъемки при обследовании выведенных из эксплуатации объектов размещения отходов ……. 599
Чернов А.Ю., Бузов С.А. Применение рейтинговых классификаций массивов горных пород на основе общепринятой системы документации горных выработок ……. 603
Черных В.И. Организация системы локального мониторинга угледобывающего предприятия ……..……. 609

Указатель авторов ……..……...… 613

Научное издание

СЕРГЕЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ

Выпуск 21

Эколого-экономический баланс природопользования в горнопромышленных регионах

Материалы годичной сессии
Научного совета РАН по проблемам геоэкологии,
инженерной геологии и гидрогеологии
2-4 апреля 2019 года

Издание подготовлено в авторской редакции

Технический редактор О.Н. Еремина
Компьютерная верстка Е.Г. Рудик

Подписано в печать март 2019 г. Формат 70x100/16. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 39,25. Тираж 220 экз. Заказ № 645.

Издательский центр
Пермского государственного национального исследовательского университета
г. Пермь, ул. Букирева, 15

Типография ООО «Типограф»
г. Соликамск, Соликамское шоссе, 17