

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В РАЙОНАХ РАЗМЕЩЕНИЯ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Усманова Т.В.<sup>1</sup>, Азарова С.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Томск, Россия, (634050, г. Томск, пр-т Ленина, 30), e-mail: svetazara@tpu.ru

---

На основе анализа опубликованных данных и собственных исследований охарактеризованы экологические проблемы в районах размещения отходов горнодобывающих и перерабатывающих производств. Показано, что их воздействие велико и многогранно и приводит к трансформации всех компонентов окружающей среды в районе размещения хранилищ отходов. Особенно усугубляется ситуация, когда на одной относительно небольшой территории расположено несколько горнодобывающих и перерабатывающих объектов. В результате формируются мощные зоны воздействия на компоненты природной среды, имеющие ярко выраженные геохимические особенности, отражающие специфику добываемого и перерабатываемого сырья. Проанализированный материал может послужить основой для принятия природоохранных мероприятий относительно территорий размещения горнопромышленных отходов, которые смогут минимизировать ущерб, наносимый техногенными минеральными образованиями, учитывая разработанные рядом исследователей способы и технические средства мониторинга подобных объектов.

---

Ключевые слова: экология, горнопромышленные отходы.

## ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF MINING WASTES SITES

Usmanova T.V.<sup>1</sup>, Azarova S.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tomsk Polytechnic University, Tomsk, (30, Lenin Ave., Tomsk, Russia, 634050), e-mail: svetazara@tpu.ru

---

On the basis of literature analysis and our research the environmental problems in mining wastes and manufacture sites are characterized. It is shown that their impact is significant and diverse, that result in transformation of all environmental spheres of mining wastes sites. The conditions are made even worth in case of relatively small area where several mining and production plants are located. As a result extensive environmental impact areas are formed that have pronounced geochemical peculiarities reflecting specific character of mined and produced raw materials. Analyzed material can be used as a basis for realization of environmental measures in regard to the territories of mining and industrial waste disposal. These measures are able to minimize the damage from technogenic mineral formations.

---

Keywords: ecology, mining wastes and manufacture sites.

Постоянное увеличение объемов образующихся в горнодобывающей и перерабатывающей промышленности различных видов отходов и складирования их в хранилищах приводит к воздействию подобных объектов на окружающую среду. Цель нашей работы – охарактеризовать экологические проблемы в районах размещения горнопромышленных отходов посредством анализа и обобщения литературных данных.

Техногенные минеральные образования (ТМО) - скопления минеральных веществ на поверхности Земли или в горных выработках, образовавшиеся в результате отделения их от природного массива и складирования в виде отходов горного, обогатительного и металлургического производств. Основными причинами загрязнения окружающей среды являются воздействие на вещество (ТМО) атмосферных осадков, воздушных потоков, поверхностных вод, температуры, микроорганизмов. Все эти виды воздействия относятся к постоянно действующим внешним факторам, среди внутренних факторов можно отметить

химический и минералогический составы, дисперсность, пористость, водопроницаемость и другие [17]. Техногенное воздействие подобных объектов имеет эколого-геохимические последствия и обусловлено резким увеличением дисперсности горной массы. В результате механического и химического разрушения в процессе разработки месторождения возникают тонкодисперсные минеральные фазы механического рассеяния - минеральная пыль, различающаяся по составу, химической активности и степени подвижности в природных потоках [26]. Результаты проведенных исследователями опытов [11; 13] на хвостохранилищах апатито-нефелиновых руд свидетельствуют об экологической опасности хвостов обогащения данных руд не только вследствие загрязнения атмосферы пылью, но и в результате попадания минеральных частиц в почву и их взаимодействия с почвенными водами и перехода экологически опасных элементов (алюминия, стронция, фтора, тяжелых металлов) в подвижные формы. В результате наблюдается в числе прочих воздействие на здоровье населения, проживающего в районах расположения хранилищ отходов [18].

Для железорудных месторождений КМА была проведена комплексная оценка состояния геологической среды [8], которая показала, что при освоении и эксплуатации происходит нарушение природных систем и активизация деструктивных природных и техногенных процессов, характер и интенсивность которых зависит от способа добычи железорудного сырья. Кроме того, данные, приведенные в работе Б.А. Бачурина [4], свидетельствуют о том, что в процессе рудоподготовки и обогащения возможно формирование в отходах сложных поликомпонентных органоминеральных комплексов, не имеющих природных аналогов и требующих исследования экологической опасности.

В литературе известен анализ экологических проблем оловорудной промышленности Дальнего Востока, который показал, что жидкие отходы обогатительных фабрик, отобранные как в период их работы, так и после закрытия, содержат токсичные элементы тяжелых металлов и выносят их за пределы техногенной системы, загрязняя поверхностные и грунтовые воды [9]. В результате самопроизвольного стока техногенных вод в природные водоемы, а также выноса тонкодисперсной составляющей водохранилищ происходит загрязнение не только вод, но и донных осадков. Большая часть Кавалеровского района по показателям почв и донных осадков имеет умеренно опасный и опасный экологический уровни. Техногенное накопление ряда металлов (Pb, Zn, Cu, Cd, Fe, Mn) происходит в листьях, коре, древесине и корнях деревьев, а также грибах, ягодах и овощах [10].

Коллективом авторов [5] оценено воздействие захороненных промышленных отходов Тырныаузского вольфрам-молибденового комбината (ТВМК) на экологическую обстановку прилегающих территорий Приэльбрусья. Установлено, что область загрязнения

окружающей среды определяется силой и скоростью ветров, а ее степень зависит от размерности материала промышленных отходов. Результаты аналитических исследований выявили превышение ПДК по ряду тяжелых металлов в современных почвах, прилегающих к хвостохранилищам ТВМК. Установлено перераспределение рудного вещества с течением времени, сопровождающееся его концентрированием на более глубоких горизонтах давно рекультивированного хвостохранилища. Показана необходимость утилизации захороненных промышленных отходов деятельности ТВМК с извлечением W, Mo, Sb, Zn, As, Bi, что снизит негативную нагрузку на экосистему Приэльбрусья [5].

Хвостохранилища будут представлять основную экологическую опасность после завершения эксплуатации месторождений, так как наиболее интенсивно процесс окисления протекает при циклическом характере увлажнения и высыхания. В литературе известно [24], что контакт сульфидсодержащих отвальных продуктов с почвой приводит к достаточно интенсивному переводу тяжелых металлов в водорастворимую форму, причем образующиеся органоминеральные комплексы устойчивы и не поддаются очистке традиционными реагентами. Исходя из результатов моделирования, по мере увеличения длительности хранения хвостов относительное содержание силикатного никеля (и, вероятно, других тяжелых металлов) в твердой фазе хвостов растет, а остаточные содержания металлов в водной фазе лежалых хвостов превосходят ПДК для рыбохозяйственных водоемов. Наблюдения на техногенных объектах и проведенные модельные эксперименты показали также, что гипергенные воздействия приводят к значительному изменению технологических свойств как рудных, так и нерудных минералов. Не являются исключением и калийные предприятия Верхнекамского месторождения Пермского края [3].

На территории отработанных россыпных месторождений золота Хабаровского края на примере Кербинского прииска исследователями [12] обнаружена достаточно высокая зараженность отходов техногенной и природной (киноварь) ртутью. Поскольку отвалы и другие отходы практически не изолированы от водных систем, они оказывают негативное влияние на экосистемы, находящиеся в границах их влияния.

По данным исследователей [15], вследствие использования в прошлом технологии ртутной амальгамации при освоении золотосодержащих россыпей произошло крупномасштабное загрязнение ртутью техногенных отвалов Хабаровского края, представляющее существенную экологическую угрозу, прежде всего для биоты и жителей горняцких поселков. Планируемое же освоение техногенных россыпей может привести к активизации относительно законсервированной ртути прошлых разработок. А это повлечет за собой «вторичное» ртутное загрязнение почвогрунтов, открытых водотоков и других компонентов долинных и сопряженных экосистем.

Коренные золоторудные месторождения, как правило, содержат сульфидные минералы, которые при контакте с водой и воздухом образуют кислоты, растворяющую токсичные As, Cd и Pb. Таким образом, хвостохранилища в районах золотоизвлекательных фабрик представляют 2 вида опасности: короткого и длительного воздействия. Первое связано с «залповым» выносом огромного количества пульпы в близлежащие водные потоки в результате разрушения дамбы, второе представлено постоянным просачиванием кислых вод и токсичных элементов в почву и поверхностные воды [14].

Н.В. Сиденко было показано, что дренажными потоками Бериккульского золотоизвлекательного завода происходит вынос Fe, Pb, Zn, Cd, Cu и As из сульфидных отходов в реку М. Бериккуль, что приводит к угнетению речного биоценоза [21].

Экспериментальное моделирование показало, что при последовательном многоэтапном воздействии воды, наряду с механическим растворением, в отходах протекают разнообразные деструктивные и синтетические реакции физико-химической природы, приводящие к повышению геохимической подвижности тяжелых металлов и увеличению содержания их миграционно-способных форм. Так, в пробах из породных отвалов Кизеловского угольного бассейна содержание подвижных и водорастворимых форм после взаимодействия с водой увеличивается в 2-3 раза по сравнению с их исходным содержанием [2].

Самая напряженная обстановка создается в цветной металлургии, где выход отходов на единицу продукции несопоставимо выше, чем, например, в угольной или железорудной промышленности (100-200 т, а в отдельных случаях – до 1000 т на 1 т металла) [7]. Кроме того, важнейшей особенностью цветной металлургии является использование в процессе переработки токсичных веществ, загрязняющих отходы (соединения S, As, Sb, Se, Te и другие) [7; 19]. Даже после прекращения эксплуатации месторождений и консервации горных выработок, за счет гипергенных преобразований горных пород и минеральной составляющей горнопромышленных отходов, негативное экологическое воздействие на окружающую среду будет продолжаться в течение 100-200 лет [27]. Процессы окисления сульфидов в складированных сульфидсодержащих отходах горнодобывающего комплекса и их влияние на окружающую среду, нейтрализация кислых рудничных и подотвальных вод освещены во многих работах, касающихся различных регионов России [16; 26 и др.].

В.Н. Удачным было показано, что в связи с высокой насыщенностью Южного Урала геотехническими системами, в которых совмещены процессы добычи, обогащения полезных ископаемых и пирометаллургии, в регионе идут процессы изменения природной атмосферной миграции микроэлементов, их накопления и трансформации в депонирующих

средах, изменяются природные связи в системах: атмосфера – почва, атмосфера – водная поверхность, вода – донные отложения [26].

Шлакоотвалы металлургии, по данным исследователей [25], могут выступать как отдельные источники загрязнения окружающей среды, так и комплексные, входя в состав отвалов вскрышных пород, что приводит к повышению механической миграции в приземный слой атмосферы селитебных территорий города таких элементов, как Si, Ni, Zn, Co, Mg, Cl, Na. Поверхностные и грунтовые воды под отвалами и на прилегающих территориях загрязняются щелочами и тяжелыми металлами. Объекты складирования отходов выводят из сельскохозяйственного оборота земли и изменяют ландшафт.

Проанализировав последние литературные данные по влиянию отходов горнодобывающей и перерабатывающей промышленности на окружающую среду, можно сделать вывод, что их воздействие велико и многогранно и приводит к трансформации всех компонентов окружающей среды. Особенно усугубляется ситуация, когда на одной относительно небольшой территории расположено несколько горнодобывающих и перерабатывающих объектов. В результате образуются разнотипные отходы производства, формирующие мощные зоны воздействия на компоненты природной среды, имеющие ярко выраженные геохимические особенности, отражающие специфику добываемого и перерабатываемого сырья [23].

Поэтому в настоящее время необходимо реализовывать проекты, которые смогут минимизировать ущерб, наносимый техногенными минеральными образованиями, учитывая разработанные рядом исследователей способы и технические средства мониторинга подобных объектов [6]. Отходы горного производства могут обладать токсичностью, С.В. Азаровой проводились исследования по биотестированию как объективному методу оценки токсичности отходов горнодобывающего производства [1]. Биотестирование применяется при отнесении отходов к V классу опасности для окружающей природной среды и широко используется для отходов горной промышленности [20]. Экологическая составляющая должна быть обязательной при геолого-экономической оценке техногенных минеральных образований [22].

### **Список литературы**

1. Азарова С.В. Отходы горнодобывающих предприятий и комплексная оценка их опасности для окружающей среды (на примере объектов Республики Хакасия) : автореф. дис. ... канд. геол.-мин. н. – Томск, 2005. – 235 с.

2. Бачурин Б.А. Геохимическая трансформация отходов горного производства // Минералогия техногенеза – 2007. – Миасс : ИМин УрО РАН, 2007. – С. 177 – 188.
3. Бачурин Б.А., Бабошко А.Ю. Эколого-геохимическая характеристика отходов калийного производства // Горный журнал. – 2008. - № 10. – С. 88-91.
4. Бачурин Б.А., Одинцова Т.А., Первова Е.С. Физико-химические аспекты формирования состава отходов горно-обогатительного производства // Горный журнал. – 2013. - № 6. – С. 89-89.
5. Бортников Н.С., Гурбанов А.Г., Богатиков О.А., Карамурзов Б.С., Докучаев А.Я., Лексин А.Б., Газеев В.М., Шевченко А.В. Оценка воздействия захороненных промышленных отходов Тырныаузского вольфрамо-молибденового комбината на экологическую обстановку (почвенно-растительный слой) прилегающих территорий Приэльбрусья (Кабардино-Балкарская республика, Россия) // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2013. - № 5. – С. 405-416.
6. Гальперин А.М., Кириченко Ю.В., Ермолов В.А., Кутепов Ю.И. Инженерно-геологическое обеспечение экологически безопасного освоения горнопромышленных природно-техногенных систем // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2012. - № 6. – С. 520-526.
7. Гальперин А.М., Ферстер В., Шеф Х.-Ю. Техногенные массивы и охрана окружающей среды : учебник для вузов. – 2-е изд., стер. – М. : Изд-во МГГУ, 2001. – 534 с.
8. Голик В.И., Полухин О.Н., Петин А.Н., Комащенко В.И. Экологические проблемы разработки рудных месторождений КМА // Горный журнал. – 2013. - № 4. – С. 91-94.
9. Зверева В.П. Экологические проблемы оловорудной промышленности Дальнего Востока // Горный журнал. – 2008. - № 2. – С. 82-85.
10. Крупская Л.Т., Зверева В.П. Оценка влияния отходов переработки оловорудного сырья на объекты окружающей среды (на примере Хрустальненского ГОКа) // Сибирский экологический журнал. – 2010. - № 6. – С. 797-803.
11. Лащук В.В., Мельник Н.А., Нестеров Д.П., Нестерова А.А. Усачева Т.Т. Комплексная геоэкологическая характеристика отходов обогащения апатит-нефелиновых руд Хибинских месторождений // Геоэкологические проблемы переработки природного и техногенного сырья : сб. науч. тр. / «Вектор»; под общ. ред. Д.В. Макрова, О.В. Суворова. – Апатиты, 2007. – С. 78-94.
12. Леоненко А.В., Дербенцева А.М., Крупская Л.Т., Чумаченко Е.А. Оценка влияния техногенной системы на загрязнения снежного покрова, почв и растительности химическими элементами в процессе золотодобычи (на примере Кербинского прииска Хабаровского края) // Экология промышленного производства. – 2012. – Вып. 3. – С. 12-15.

13. Маслобоев В.А., Максимова В.В., Максимова В.В., Макаров Д.В., Горбачева Т.Т., Мазухина С.И., Нестеров Д.П. Исследование взаимодействия минералов хвостов обогащения апатито-нефелиновых руд с почвенными водами // Материалы Междунар. совещания «Современные методы технологической минералогии в процессах комплексной и глубокой переработки минерального сырья» («Плаксинские чтения - 2012»). – Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2012. - С. 333-335.
14. Меретуков М.А., Рудаков В.В., Злобин М.Н. Геотехнологические исследования для извлечения золота из минерального и техногенного сырья. – М. : Горная книга, 2011. – С. 429.
15. Мирошниченко Е.В., Бондаренко Е.И., Крупская Л.Т., Чумаченко Е.А. Эколого-экономическая оценка воздействия горнопромышленных отходов на экосистемы Хабаровского края // Горный журнал. – 2006. - № 9. - С. 77-78.
16. Михайленко Н.Н., Харченко О.В. Эколого-экономическая оценка скоплений техногенного сырья Забайкальского края // Горный журнал. – 2010. - № 5. – С. 63 – 65.
17. Мормилль С.И., Сальникова В.Л., Амосов Л.А. Техногенные месторождения Среднего Урала и оценка их воздействия на окружающую среду. – М. : НИИ-Природа, 2002. – 206 с.
18. Олещенко А.М., Суржиков Д.В., Кислицына В.В. и др. Оценка риска для здоровья населения от загрязнения атмосферы промышленными отвалами // Перспективы развития технологий переработки вторичных ресурсов в Кузбассе. Экологические, экономические и социальные аспекты : сб. науч. тр. / НФИ КемГУ; под общ. ред. Ф.И. Иванова. – Новокузнецк, 2012. – С. 318 – 324.
19. Пучков В.Н., Салихов Д.Н., Абдрахманов Р.Ф. и др. Сульфидсодержащие отвалы и хвостохранилища – опасные техногенные загрязнители окружающей среды горнорудных районов Башкортостана // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2007. - № 3. – С. 238-247.
20. Саксонов М.Н., Балаян А.Э., Поздняков А.И., Тренева Д.Г., Мартынова Г.А. Определение класса опасности отходов горно-обогатительных производств методами биотестирования // Горный журнал. – 2011. - № 11. – С. 73-75.
21. Сиденко В.Н. Миграция тяжелых металлов и мышьяка в зоне гипергенеза сульфидных отходов Бериккульского золотодобывающего завода : дис. ... канд. геол.-мин. н. : 25.00.09. – Новосибирск, 2001. – 120 с.
22. Усманова Т.В., Азарова С.В. Экологическая составляющая в оценке техногенных месторождений // Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции «ISTIQLOL. Актуальные задачи современных горно-технологических комплексов и пути их решения». - Навои, Узбекистан, 2002. - С. 95-96.

23. Усманова Т.В., Таловская А.В., Монголина Т.А., Павлов И.П. Оценка вклада угольных шахт в трансформацию состава природных сред (на примере шахты «Хакасская») // Вестник науки Сибири. – 2012. - № 4 (5). - С. 4-16.
24. Чантурия В.А., Макаров Д.В., Маслобоев В.А., Мазухина С.И., Нестерова А.А., Васильева Т.Н., Нестеров Д.П., Лашук В.В. Геоэкологическое обоснование переработки сульфидсодержащих отходов горнопромышленного комплекса // Геоэкологические проблемы переработки природного и техногенного сырья : сб. науч. тр. / «Вектор»; под общ. ред. Д.В. Макрова, О.В. Суворова. – Апатиты, 2007. – С. 20-32.
25. Черчинцев В.Д., Кошкина В.С., Антипанова Н.А., Прошкина О.Б. Влияние шлаковых отвалов на экосистемы Южного Урала // Экология и промышленность России. – 2010. - № 2. – С. 52-55.
26. Шафигуллина Г.Т., Серавкин И.Б., Удачин В.Н. Геохимическая активность отвальной массы Учалинского месторождения // Разведка и охрана недр. – 2008. - № 2. - С. 50-55.
27. Шуленина З.М. Организационно-методические и правовые механизмы изучения и освоения техногенных ресурсов // Экология промышленного производства. – 2003. - № 2. – С. 3-11.

**Рецензенты:**

Языков Е.Г., д.г.-м.н., профессор, заведующий кафедрой геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета, г. Томск.

Барановская Н.В., д.б.н., профессор кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета, г. Томск.