

# ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНОВ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Б.А. Бачурин

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Освоение минеральных ресурсов явилось не только одним из ведущих факторов развития Пермского региона, но и оказало значительное влияние на экологическую обстановку и условия жизнедеятельности населения. Особенно это касается крупных градопромышленных агломераций, составными элементами которых являются предприятия горнопромышленного профиля (Березниковско-Соликамская, Кизеловско-Губахинская). Длительные техногенные нагрузки, связанные с добычей и переработкой минеральных ресурсов в этих районах, привели к существенной техногенной трансформации природных геосистем и коренному эволюционному преобразованию геологической среды в природно-техногенную систему, оказывающую активное и весьма существенное влияние на все элементы окружающей природной среды. Из всех особенностей техногенеза горнопромышленного профиля, с экологической точки зрения, наиболее значимыми являются нарушение природных ландшафтов и загрязнение окружающей природной среды.

Отторжение земельных ресурсов, часто сопровождаемое полным уничтожением биоты,

связано не только с функционированием объектов инженерно-технической инфраструктуры горных предприятий, но и с необходимостью размещения на поверхности значительного объема производственных отходов, образующихся при добыче и обогащении полезных ископаемых.

В Пермской области на долю горнопромышленного производства приходится 87 — 88 % из 31 — 37 млн т ежегодно образующихся производственных отходов, причем значительная их часть складывается на земной поверхности. К настоящему времени общий объем накопленных отходов горного производства составляет более 660 млн т. Кроме того, под их размещение задействована значительная площадь земельных ресурсов, они являются наиболее мощными источниками эмиссии поллютантов в окружающую среду. Наиболее чувствительным к загрязнению элементом природной среды является гидросфера, которая выступает в роли основного транспорта поллютантов и во многом определяет масштабы загрязнения. Так, из 135 зафиксированных на территории области очагов сверхнормативного техногенного загрязнения приповерхностной гидросферы боль-

шая их часть (71 %) связана с недропользованием.

## *Кизеловский угольный бассейн*

Добыча угля в Кизеловском бассейне началась около 200 лет назад и прекращена в связи с нерентабельностью в 1994 г. Несмотря на ликвидацию шахт, экологические проблемы не только сохранились, но и приобрели еще большую остроту. Основными из них являются значительная площадь нарушенных земель (более 720 га) и огромный объем накопленных отходов горнодобывающего и обогащательного производства (53 отвала с объемом складированной породы более 24 млн м<sup>3</sup>). Эколого-геохимические исследования разновозрастных отвалов шахт показали, что у большинства из них повышено содержание токсичных микроэлементов (табл. 1). Значительная часть этих микроэлементов находится в виде геохимически активных подвижных форм и обладает повышенной миграционной способностью. В результате физического выветривания, окисления, растворения, гидролиза, гидратации и других процессов, происходящих в угольно-породных отвалах, возникают растворимые соединения, поступающие в

природные геосистемы. Стоки отвалов имеют кислую реакцию ( $pH = 1 \div 3$ ), а минерализация составляет 50 г/л и более. В них содержится значительное количество сульфат-ионов, железа, алюминия, тяжелых металлов. В год с 1 га отвальной поверхности в природные геосистемы поступает 2,0 — 2,5 тыс. т загрязняющих веществ. Основному загрязнению подвержены верхние горизонты почвенного покрова и участки понижений рельефа, депонирующие содержащиеся в миграционных потоках поллютанты. Также отмечается повышенное содержание микроэлементов в растительности прилегающей территории, что связано как с процессами дефляции отвалов, так и с поглощением загрязненных почвенных растворов. Размещение многих породных отвалов по берегам рек приводит к поступлению их материала в речные русла и дальнейшему перемещению водным потоком на значительные расстояния [1].

Другим негативным фактором, влияющим на экологическую обстановку Кизеловского бассейна, является самоизлив шахтных вод на земную поверхность из затопленных горных выработок. Шахтные воды имеют минерализацию 4 — 11 г/л, характеризуются повышенной кислотностью ( $pH = 2,3 \div 3,5$ ), высоким содержанием сульфатов (3 — 7 г/л), железа (900 — 2500 мг/л), алюминия (130 — 420 мг/л), сверхнормативным содержанием целого ряда микроэлементов (Be, Co, Li, Ni, Mn, Pb, Zn и др.). В настоящее время самопроизвольный излив шахтных вод происходит на 16 участках, а суммарный объем их поступления в реки достигает 2,5 тыс. м<sup>3</sup>/ч. Зафиксировано их поступление в 19 рек, 15 из которых выведены из хозяйственного водопользования. Постоянно фиксируются экстремально высокие уровни загрязнения даже таких крупных рек, как Вильва, Косьва, Яйва, Чусовая. Кроме того, вызывает опасение возможность перетока кислых шахтных вод в смежные водоносные горизонты, используемые для водоснабжения населенных пунктов.

Приведенные данные свидетельствуют, что негативное воз-

действие процессов техногенеза угледобывающего профиля на экологическую обстановку Кизеловского бассейна сохраняется и на постэксплуатационном этапе. Для ликвидации этих последствий требуется проведение специальных работ по рекультивации породных отвалов, загрязненных земельных ресурсов, очистке берегов и русел рек и водоемов, перехвату и очистке остаточного излива шахтных вод и дренажных стоков породных отвалов и ряда других мероприятий.

### *Верхнекамское месторождение калийных солей*

Особенность освоения данного месторождения — территориальное сопряжение горнопромышленного производства с территорией Березниковско-Соликамской градопромышленной агломерации. Разработка отдельных шахтных полей ведется непосредственно под городской застройкой, а промплощадки и инженерные объекты являются составными элементами городской инфраструктуры. К числу основных факторов, оказывающих наиболее значительное влияние на состояние природных геосистем, относится техногенное преобразование природных ландшафтов на подрабатываемых территориях и образование значительного объема твердых и жидких отходов обогатительного производства, являющихся источником эмиссии



Рис. 1. Деформация земной поверхности на рудниках БКРУ-1 (а) и БКРУ-3 (б)

в окружающую природную среду широкого спектра поллютантов.

Деформация земной поверхности, происходящая над выработанным пространством, приводит в ряде случаев к формированию зон

**Таблица 1. Средние значения коэффициентов концентрации валового содержания микроэлементов в отходах угледобычи и сопряженных компонентах природной среды Кизеловского района**

Элемент	Твердые отходы угледобычи	Техногенные наносы	Почвы	Зола растительности
Свинец	0,8	0,8	1,1	1,1
Медь	0,4	0,9	1,2	0,2
Никель	0,5	0,3	0,5	0,3
Цинк	0,7	1,2	1,0	0,1
Хром	0,7	0,7	0,9	0,8
Кобальт	0,4	0,7	1,0	0,8
Ванадий	0,5	0,7	1,1	1,6
Молибден	0,4	1,0	1,1	0,1
Барий	0,3	0,3	1,1	10,0
Олово	0,4	0,5	1,0	0,8
Марганец	0,2	0,5	0,8	0,8
Титан	2,4	1,7	1,2	2,2
Бериллий	2,0	2,5	8,3	2,4
Цирконий	4,2	2,7	1,3	1,3
Иттрий	2,7	1,4	1,3	0,6
Германий	2,5	0,1	8,5	0,1
Скандий	6,0	6,5	2,0	12,2

**Таблица 2. Микрокомпонентный состав руд и отходов калийных предприятий, мг/кг**

Компоненты	Калийные руды	Галитовые отходы	Глинисто-солевые шламы	Водная вытяжка из шламов	Избыточные рассолы
Барий	1,8 – 14,0	0,1 – 12,9	100 – 130	Нет свед.	0,04 – 3,2
Ванадий	1,8 – 10,0	Отс.	0 – 51,2	Нет свед.	0,004 – 0,65
Железо	99 – 2200	90 – 380	1450 – 4200	<0,1	До 16
Кадмий	0,007 – 0,07	0,1 – 1,8	3,4 – 5,5	Нет свед.	Отс.
Кобальт	Нет свед.	0,1 – 9,8	3 – 49	0,27 – 2,13	1,58 – 4,89
Марганец	21 – 100	4,1 – 35	29,4 – 79,8	0,14 – 0,72	2,8 – 9
Медь	0,2 – 7,6	0,9 – 4,5	0,8 – 24,2	0,07 – 0,38	0,1 – 0,79
Никель	0,8 – 7,6	0,21 – 3,9	3 – 39	0,4 – 1,97	0,002 – 4,62
Свинец	0,03 – 3,4	0,1 – 3,1	5,8 – 57,2	1,02 – 6,92	До 1,11
Стронций	Нет свед.	15 – 35	До 120	3,4 – 17,7	4,85 – 400
Хром	2,5 – 3,2	0,15 – 9,3	4,4 – 105	0,13 – 0,4	0,35 – 0,83
Цинк	1,3 – 46	1,8 – 11,6	До 92	0,09 – 0,56	0,2 – 1,44
Бром	260 – 780	200 – 560	450 – 1120	5 – 150	170 – 650
Битумоиды	30 – 270	26 – 130	730 – 3000	0,99 – 17,9	2,1 – 10,23
Нефтепродукты	20 – 110	8 – 120	140 – 1960	0,1 – 2	0,27 – 1,33

подтопления, обуславливающих деградацию древесной растительности. На отдельных участках шахтных полей над выработанным пространством отмечается активизация эрозионно-суффозионных процессов, приводящих к формированию на земной поверхности провальных воронок диаметром до 2,5 м и глубиной 0,3 – 4,0 м. Еще более значительные масштабы деформации земной поверхности зафиксированы в районе аварийных ситуаций на рудниках СКРУ-2 и БКРУ-3 (рис. 1).

Другой стороной изменения естественного напряженного состояния массива пород при ведении горных работ является активизация геодинамических процессов, в том числе в форме сейсмических событий. Несмотря на то, что в большинстве случаев они относятся к категории низкого энергетического класса, не исключается возможность их проявления в виде природно-техногенных землетрясений, являющихся реакцией геологической среды на чрезмерные техногенные нагрузки. Подобные события уже фиксировались в 1993 г. вблизи затопленного рудника БКРУ-3 (4 балла) и в 1995 г. в пределах шахтного поля рудника СКРУ-2 (5 баллов). Основная опасность данных явлений связана с их возможным влиянием на устойчивость наземных инженерных объектов промышленной и жилой застройки городов Березники и Соликамск.

Обогащение и переработка калийных руд сопровождается

образованием значительных объемов галитовых отходов, складированных в солеотвалы, глинисто-солевых шламов и избыточных рассолов, сбрасываемых в шламохранилища. Несмотря на то, что часть галитовых отходов используется в производстве и закладывается в выработанное пространство, суммарное накопленное количество отходов калийного производства достигает в настоящее время 426 млн т, а под их размещение задействовано более 1230 га земельных ресурсов.

Исследование состава образующихся отходов показало, что они представляют собой сложные поликомпонентные органо-минеральные комплексы, содержащие широкий спектр микрокомпонентов, относящихся к категории экотоксикантов [2]. Определенная их часть представляет собой используемые в процессе обогащения технологические флото-реагенты и продукты из геохимической трансформации, многие из которых в экологическом отношении слабо изучены. Результаты хромато-масс-спектрометрического исследования органической составляющей отходов показали присутствие алифатических галогенсодержащих структур, алифатических аминов, фталевой кислоты и ее эфиров, а также ряда других соединений [3]. Загрязнение различными поллютантами характерно и для избыточных рассолов (табл. 2).

Особенность отходов калийного производства — высокое содержание легкорастворимых минералов, что определяет вынос содержащихся в них поллютантов преимущественно в водной фазе. Несмотря на принимаемые меры по гидроизоляции, практически на всех объектах отвалово-шламового хозяйства фиксируются фильтрационные утечки рассолов, объемы которых достигают в отдельных случаях сотни тысяч кубометров в год. В результате данных процессов вокруг всех объектов складирования отходов сформировались обширные ореолы загрязнения гидросферы. Это привело к тому, что использование уфимского водоносного комплекса на площади около 100 км<sup>2</sup> стало невозможным не только для питьевого, но и для технического водоснабжения.

Таким образом, можно констатировать, что техногенное воздействие калийных предприятий на экологическую обстановку Березниковско-Соликамского промрайона имеет значительные масштабы и вряд ли уменьшится в ближайшей перспективе без осуществления специальных мероприятий по утилизации накопленных и вновь образующихся отходов (закладка в выработанное пространство и специальные камеры, сброс избыточных рассолов в поглощающие горизонты).

### **Нефтегазодобывающие предприятия**

В настоящее время на территории Пермской области разрабатывается более 110 нефтяных месторождений, значительная часть которых эксплуатируется уже на протяжении более 40 лет. В результате длительной эксплуатации и высокой обводненности добываемой продукции нефтепромысловое оборудование и трубопроводы подверглись значительной коррозии, в результате чего повысилась вероятность возникновения различных аварийных ситуаций, которые могут привести к залповым выбросам поллютантов в природную среду.

Особенность техногенеза нефтедобывающего профиля — значительная глубинность охвата геологической среды техногенными нагрузками (до 2,5 км).

Специфика разработки нефтяных месторождений (сочетание эжекционно-инжекционных процессов, связанных с извлечением из недр пластовых флюидов и закачкой в процессе заводнения значительных объемов "чуждых" вод и химических реагентов) приводит к тому, что основная техногенная нагрузка приходится на подземную гидросферу.

Нарушение природных гидродинамических и гидрохимических условий происходит не только в пределах горного отвода, но и далеко за его границами. Техногенное воздействие распространяется, как правило, на несколько километров от эксплуатируемых залежей. Эти же процессы могут приводить к вертикальным перетокам флюидов в перекрывающую часть разреза по природным каналам (зоны трещиноватости, дизъюнктивные нарушения) и дефектным скважинам, что обуславливает возможность загрязнения пресных вод приповерхностной гидросферы.

Наиболее значительны данные явления на нефтяных месторождениях, разбуривание и ввод в эксплуатацию которых осуществлялось до начала 70-х гг. XX в. Применяемые в данный период конструкции скважин и низкое качество их цементации не гарантировали надежной изоляции продуктивных горизонтов от вышележащих частей разреза, что обусловило значительные масштабы заколонных перетоков флюидов. Во многих случаях эти процессы привели к формированию в надпродуктивной части разреза высоконапорных техногенных горизонтов, проявляющихся на земной поверхности в виде грифонов и поверхностных нефтепроявлений. На отдельных месторождениях (Полазненское, Таныпское, Кокуйское) поверхностная разгрузка нефти носила столь значительные масштабы, что потребовалось осуществление специальных инженерных мероприятий, направленных на улучшение сложившейся экологической обстановки и условий жизнедеятельности в прилегающих населенных пунктах (рис. 2).

Особо сложная экологическая обстановка сложилась на

Осинском месторождении, где в 1969 г. были осуществлены два подземных ядерных взрыва (ПЯВ). Проникание вод в очаги ПЯВ привело к загрязнению добываемой продукции радионуклидами (тритий, цезий-137, стронций-90) и формированию многочисленных подземных и поверхностных очагов радиоактивного загрязнения. Значительный объем радионуклидов, сконцентрированных в полостях взрывов, позволяет рассматривать их как могильники радиоактивных отходов длительного существования, представляющие собой зоны потенциального риска неконтролируемого радиоактивного загрязнения окружающей природной среды. Это касается и Гежского месторождения, где в 1981 — 1987 гг. осуществлено пять ПЯВ [4].

Освоение месторождений других видов полезных ископаемых (хромиты, золото, алмазы, стройматериалы) сопровождается более низким уровнем техногенных нагрузок на природные геосистемы, а их удаление от населенных пунктов, как правило, не приводит к ухудшению условий жизнедеятельности.

Приведенные данные свидетельствуют, что протекающие в геологической среде процессы техногенеза оказывают прямое или косвенное влияние на экологическую обстановку. Следует отметить, что низкая эффективность применяемых в настоящее время систем контроля процессов техногенеза в геологической среде привела к тому, что в экологическом отношении недра оказались одним из наименее изученных элементов природной среды. Во многих случаях негативные последствия процессов техногенеза выявляются лишь тогда, когда их ликвидация требует очень больших материальных ресурсов, а иногда становится практически неосуществимой. С этим же связана внезапность возникновения многих чрезвычайных ситуаций, представляющих угрозу населению.

Длительность релаксации сформировавшихся в геологической среде природно-техногенных геогидродинамических систем может привести к негативным проявлениям процессов техногенеза даже после отработ-



Рис. 2. Поверхностная разгрузка нефти в Камское водохранилище на Полазненском месторождении

ки месторождений, что определяет необходимость проведения на завершающем этапе их эксплуатации специальных природоохранных технологических мероприятий и продолжения мониторинговых наблюдений за процессами техногенеза на постэксплуатационном этапе.

#### Литература

1. **Меньшикова Е.А., Блинов С.М.** Эколого-геохимическое состояние донных отложений рек Кизеловского угольного бассейна в период после ликвидации шахт // Вестник Пермского университета. Геология. 2004. Вып. 3.
2. **Бачурин Б.А.** Эколого-геохимическая характеристика отходов горнодобывающих предприятий // Перспективы освоения недр — комплексное решение актуальных проблем. Научн. чтения им. акад. Н.М. Мельникова. М.: ИПКОН РАН, 2002.
3. **Бачурин Б.А., Одинцова Т.А.** Органические поллютанты в отходах горнопромышленного производства // Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы утилизации и захоронения отходов. Сергеевские чтения. М.: ГЕОС, 2005.
4. **Бачурин Б.А.** Подземные ядерные взрывы в районах нефтедобычи Пермского Прикамья: радиоэкологические аспекты // Проблемы безопасности при эксплуатации месторождений полезных ископаемых в зонах градопромышленных агломераций. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. ■