

Белан Л.Н.

Башкирский государственный университет, Уфа

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ГОРНОРУДНЫХ РАЙОНОВ БАШКИРСКОГО ЗАУРАЛЬЯ

Представлена информация, характеризующая особенности геоэкологии горнорудных районов Башкирского Зауралья. Показано, что исследование таких территорий необходимо проводить с эколого-геохимических позиций, осуществляя комплексное изучение химизма всех основных компонентов ландшафта с учетом реакции живых организмов. Даны рекомендации по нормализации экологической обстановки района.

Особенности геоэкологии горнорудных районов обусловлены миграцией элементов-загрязнителей в природных и техногенных ландшафтах, и поэтому изучение таких территорий необходимо осуществлять с эколого-геохимических позиций. Эти исследования требуют комплексного познания химизма всех основных компонентов ландшафта с учетом реакции живых организмов.

Впервые геохимический смысл преобразования природы человеком и его глобальный характер раскрыл В.И. Вернадский, подчеркивая возможность непредвиденных последствий воздействия человека на окружающую природную среду: «Лик планеты – биосфера – химически резко меняется человеком сознательно и, главным образом, бессознательно. Меняется человеком физически и химически воздушная оболочка суши, все ее природные воды» [2].

Принципиальные теоретические положения геохимического метода изучения ландшафтов сформулированы Б.Б. Польшовым (1934, 1956). В основу их классификации положены принципы миграции химических элементов, а также понятие об элементарном ландшафте. По Б.Б. Польшову, элементарный геохимический ландшафт – это определенный элемент рельефа с однородными породами, почвами и растительным покровом. Впоследствии идеи Б.Б. Польшова были развиты М.А. Глазовской (1961, 1964, 1968) и А.И. Перельманом (1975), которые разработали геохимическую классификацию ландшафтов более подробно. По определению А.И. Перельмана, геохимический ландшафт – это парагенетическая ассоциация сопряженных элементарных ландшафтов, связанных между собой миграцией элементов. В.В. Ковальский (1976) использовал термин «геохимическая экология», вкладывая в него в основном медико-биологический смысл [8, 9].

Прикладные аспекты экогеохимии в районах с развитой промышленностью разрабаты-

вает геохимия техногенеза, определенная К.И. Лукашевым (1980) как раздел геохимии, изучающий роль техногенеза в геохимических процессах. Сам термин «техногенез», введенный А.Е. Ферсманом (1934), имеет геохимический смысл. «Под техногенезом мы подразумеваем совокупность химических и технических процессов, производимых деятельностью человека и приводящих к перераспределению химических масс земной коры... Техногенез есть геохимическая деятельность человечества».

Опираясь на представления В.И. Вернадского и А.Е. Ферсмана, подходы к изучению техногенной миграции развивали А.А. Беус, Дж. Вуд, М.А. Глазовская, Е. Голдберг, В.В. Добровольский, В.В. Иванов, Д.А. Израэль, Н.С. Касимов, В.В. Ковальский, В.А. Ковда, А.И. Перельман, И. Ферстнер, Ю.Е. Саэт, Дж. Фортестью и др.

А.И. Перельман (1979), М.А. Глазовская (1982), В.В. Добровольский (1983) развивая идеи и методы геохимии ландшафтов и геохимии зоны гипергенеза, изучали и техногенные процессы [4, 5, 6, 7, 13, 14].

В.К. Лукашов (1987) наметил прикладные аспекты геохимии техногенеза в горнорудных районах.

Исследование техногенеза на колчеданных месторождениях начато с работ А.В. Бричкина (1932), Г.И. Вертушкова (1940) и продолжено В.Я. Монаковым (1967), В.Н. Авдониным (1973), Б.Г. Башкировым (1976). Техногенез как ведущий современный геологический процесс, преобразующий колчеданные месторождения Урала, подробно рассмотрен в работах Э.Ф. Емлина (1983, 1984, 1986, 1992) и А.Я. Гаева (1989, 1996).

Множество публикаций посвящено геохимическим аспектам техногенного загрязнения районов с развитой горнодобывающей промышленностью.

Экологические проблемы, порожденные деятельностью горно-обогатительных комби-

натов, обусловлены составом перерабатываемых руд и технологией их добычи. На поверхность выносятся рудные минералы, неустойчивые в зоне окисления. Ландшафты в зоне действия горнопромышленного предприятия испытывают значительную техногенную нагрузку. Изменяются ландшафтно-геохимические условия, усиливается миграция и накопление в токсичных концентрациях тяжелых металлов. Увеличение концентраций химических элементов нарушает привычную для биосферы геохимическую обстановку и приводит к ухудшению условий существования человека (Белан, 2003).

Между элементами ландшафта – горными породами, водоемами, рельефом, растительным и животным миром существует взаимосвязь. Только при одновременном – сопряженном – изучении химического состава различных составных частей ландшафта можно понять его геохимию (Добровольский, 1990).

Горнорудная промышленность является одним из наиболее мощных факторов антропогенного преобразования окружающей среды. Опасность загрязнения токсичными химическими элементами, в частности тяжелыми металлами, наиболее велика для территорий добычи рудно-минерального сырья.

Известно, что в процессе добычи руд, их переработки и обогащения происходит рассеяние тяжелых металлов в природных средах. Мигрируя в ландшафтах, металлы нередко накапливаются в токсичных концентрациях. Нарушается естественное геохимическое равновесие компонентов природной среды. Тяжелые металлы занимают по вредности третье место, уступая лишь хлорорганическим соединениям и пестицидам и значительно опережая такие известные загрязнители, как оксиды углерода и серы, нефтепродукты, ароматические соединения [3, 12].

Тяжелые металлы поступают в организм человека по цепи: коренные породы – почва – вода – растительность – животные. Результаты исследования отдельных звеньев такой цепи изложены во многих публикациях, но комплексная оценка всей системы выполнена лишь немногими авторами: А.Я. Гаевым (1992), В.В. Добровольским (1983), Э.Ф. Емлиным (1992), В.К. Лукашовым (1987), Ю.Г. Покатиловым (1993), М.В. Понариной (1988), Е.А. Рейхом (1979), Ю.Е. Саеом и др. (1983), В.В. Ивановым (1996) и др.

На территории Башкирского Зауралья расположены крупные центры горнодобывающей

промышленности – Учалинский горно-обогатительный комбинат (УГОК) (на базе Учалинского месторождения) и Башкирский медносерный комбинат (БМСК) (на базе Сибайского месторождения). Предприятия более полувека ведут добычу и переработку колчеданных руд открытым способом. Вместе с тем отсутствует объективная оценка техногенного воздействия горнодобывающей промышленности Башкортостана на ландшафты и, опосредованно, на здоровье населения.

Важнейшей задачей изучения загрязнения природной среды токсичными элементами является установление источника негативного воздействия, выявление пространственной структуры распределения очагов загрязнения, степени их интенсивности и оценка влияния на население. Решение этих задач необходимо для разработки природоохранных мероприятий, а также для экологического обоснования развития и размещения производительных сил (Сае, 1990).

В статье показана техногенная трансформация природной среды в результате длительной разработки месторождения медноколчеданных руд на примере деятельности Учалинского горно-обогатительного комбината. Оценка экологического состояния горнорудного района проведена с геохимических позиций.

Учалинское месторождение относится к числу наиболее известных и хорошо изученных колчеданных месторождений Южного Урала и типичных представителей месторождений уральского типа. В связи с этим оно рассматривается нами как ключевое для изучения особенностей техногенеза колчеданных месторождений. Полученные результаты можно распространить на Сибайский, Байкам-Бурибаевский рудные районы Башкортостана и другие регионы с аналогичными природно-климатическими и экономическими условиями.

Миграция тяжелых металлов в ландшафтах протекает под воздействием множества факторов по сложной системе. Для изучаемой территории ее упрощенно можно представить в виде схемы (рис. 1.)

Нами охвачены основные звенья системы и по возможности прослежены изменения их за время техногенной нагрузки [1]. Аналитическими методами изучены коренные породы, почвы, поверхностные и подземные воды, растительность. На основании аналитических данных с помощью статистических методов оценено по-

ведение основных элементов-загрязнителей и их возможное влияние на здоровье человека. Работы проводились по методике, предложенной Ю.Е. Саеом (1983) для изучения техногенно загрязненных территорий, и в соответствии с методикой ИМГРЭ [10, 11, 15].

Комплексное изучение влияния горнорудных предприятий на ландшафт и человека выполнялось автором статьи в районе г. Учалы.

Ландшафты в зоне влияния УГОК техногенно загрязнены тяжелыми металлами (медью, цинком, свинцом, кадмием и пр.). Превышение ПДК по ним составляет:

а) в снеге (относительно фоновых) – меди в 10-400 раз, цинка в 5-150 раз, свинца и бария в 2-10 раз;

б) в воде приотвальных водоемов – цинка в 15400-51200 раз (рыбохозяйственных водоемов) и 31-102 (сточных вод); меди – 1870-30370 и 374-6074; железа – 122-2528 и 12-25; кадмия – 172-342 и 1-1,7 соответственно;

в) в почве (с учетом местного фона) – меди – 1-10; цинка – 5-50; свинца – 1-20; кадмия – 3-12 раз валовых соединений. Концентрация подвижных форм превышает ПДК меди – до 12; цинка – до 3,3; свинца – до 7 раз;

г) в овощах, грибах и кормовых травах в среднем 1-7 ПДК овощи, 6-44 ПДК – грибы, 1,5 ПДК – сено. Концентрация тяжелых металлов в овощах исследуемой территории превышает фоновые: цинка – в картофеле – в 13, моркови – 24, свекле – 2 раза; меди – в перечисленных культурах – 1,4-2,2 раза. В сравнении с «нормальным» содержанием элементов в продуктах питания: свинца в картофеле больше (в среднем) в 7,6; моркови – 6; свекле – 7; яблоках – 2,6 раза. Кадмия в моркови – в 18; свекле – 10 раз. Селена в картофеле – в 16; моркови – 35; свекле – 25; яблоках – 10 раз. В то же время содержание тяжелых металлов в овощах и грибах фоновой территории (за исключением свеклы) соизмеримо с «нормальными» концентрациями и удовлетворяет требованиям ПДК.

Источником загрязнения является Учалинский ГОК, в частности сульфидные минералы (руд и минерализованных вмещающих

пород) Учалинского месторождения, оказавшиеся в зоне окисления, в отвалах, хвостах обогащения, пыли горных работ. При окислении сульфидов образуются растворимые соли железа, цинка, меди, кадмия, свинца, сульфат-ион. Загрязнение осуществляется преимущественно аэрогенным путем за счет массовых взрывных работ в карьере, в меньшей степени – дефляции с отвалов, в процессе транспортировки руд и их переработки. В непосредственной близости от отвалов почвы дополнительно загрязняются инфильтрацией.

Аэрогенное загрязнение территории вокруг УГОК распространяется по направлению господствующих ветров на северо-восток на 4-6 км и более и зависит от рельефа местности. Степень загрязнения убывает с удалением от площадки УГОК и зависит от направления господствующих ветров.

За период 1957-1995 гг. изменение химического состава природных вод за счет окисления сульфидов отмечается на расстоянии более 4 км по направлению господствующих ветров (оз. Карагайлы). Водоемы, расположенные на расстоянии 5-7 км от УГОК, не обогащены ионами Cu , Zn , SO_4 .

В озерах Б. Учалы, Карагайлы и Ургун сохранена самоочищающая способность и качество воды не ухудшается. В донных отложениях озер не происходит значительного накопления тяжелых металлов.

Площадь и интенсивность загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами за время разработки месторождения карьерным способом увеличилась в среднем в 8 раз. Техногенное загрязнение подтверждается накоплением

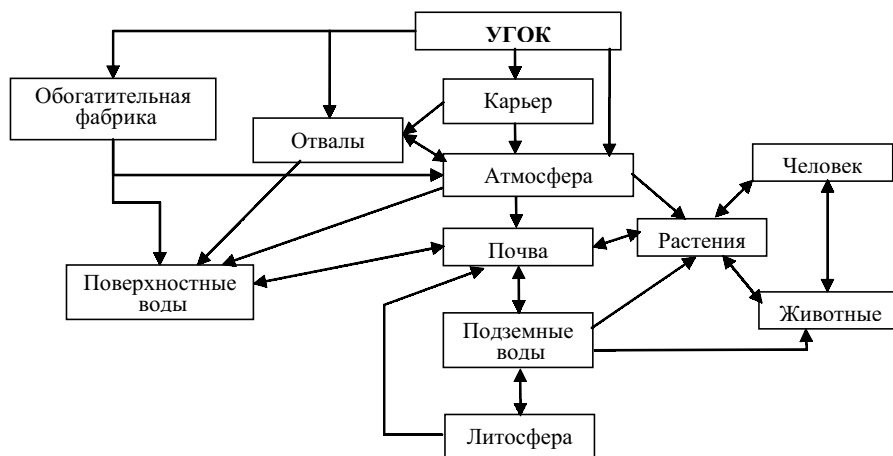


Рисунок 1. Схема миграции тяжелых металлов в ландшафте в зоне действия Учалинского ГОКа

тяжелых металлов в верхних слоях почвенного профиля.

Длительная техногенная нагрузка на ландшафт негативно сказалась на экогеохимической ситуации г. Учалы и прилегающих территорий. Опасность загрязнения, согласно существующей шкале по суммарному коэффициенту концентраций тяжелых металлов в почве (Z_c) наиболее реальна на промплощадке УГОК, которая попадает в зону «чрезвычайно опасного» загрязнения с $Z_c > 128$. Суммарное атмосферное выпадение тяжелых металлов (меди, цинка, свинца и др.) в этой зоне в сотни и тысячи раз превышает фоновые значения ($Z_c = 256-6244,6$). Большинство коллективных садов, юго-восточная часть г. Учалы-1 и весь жилой массив г. Учалы-2 располагаются в зоне «умеренно опасного» загрязнения почвы ($32 > Z_c > 16$) и атмосферы.

Почвы на территории преимущественно кислые и слабокислые, рН 3,7-6,5, в основном подкислены техногенно. Доля подвижных, наиболее токсичных форм тяжелых металлов в кислой среде увеличивается, особенно при рН 4-5. Наибольшая подвижность соединений тяжелых металлов типична для кислых серых лесных почв и увеличивается на хорошо аэрируемых участках, где значения Eh более высокие. Подвижные соединения тяжелых металлов легко усваиваются и накапливаются в токсичных концентрациях в растениях, в том числе в овощах и фруктах, выращиваемых жителями г. Учалы.

Интенсивно накапливают тяжелые металлы свекла, морковь, капуста. Причем у моркови и свеклы накопление происходит по высокобарьерному или безбарьерному типу. У капусты, картофеля, яблок и томатов существует барьер накопления тяжелых металлов. Активно концентрируют тяжелые металлы грибы, произрастающие на загрязненной территории, особенно белые, сыроежки и опята.

Вследствие употребления в пищу местной сельхозпродукции повышено поступление тяжелых металлов в организм жителей г. Учалы по пищевой цепи. Превышение ежедневной безвредной нормы (без учета ингаляционного поступления) составляет: меди – в 3, цинка – в 1,5, кадмия – в 1,7 раза. Потенциальная токсичность этих металлов может способствовать развитию заболеваний нервной системы, новообразований, органов пищеварения, системы кровообращения и др. Статистическими данными достоверно подтверждается превышение этих по-

казателей в сравнении с аналогичными контрольного района. Гонадо- и эмбриотоксическое действие меди, цинка, свинца, кадмия может быть причиной повышенных показателей детской смертности и мертворождаемости в Учалинском районе. Таким образом, тяжелые металлы, мигрируя по цепи коренные породы – воздух – вода – почва – растения – живые организмы, представляют определенную угрозу окружающей природной среде и опосредованно – генофонду населения г. Учалы и прилегающих территорий.

В результате проведенных исследований была изучена экогеохимическая ситуация горнорудного района и разработаны рекомендации по нормализации экологической обстановки.

1. Для предотвращения загрязнения подземных вод тяжелыми металлами и сульфатами за счет инфильтрации приотвальных вод: засыпать известняком приотвальные «мочажины» для создания карбонатной буферной зоны вокруг отвалов; проводить контроль за качеством подземных вод.

2. Для выявления зон интенсивной фильтрации атмосферных вод провести инженерно-геологическую съемку отвалов пустых пород и разработать методы рекультивации, исключающие фильтрацию и аэрацию в отвалах.

3. Ограничить площадь и объем открытого хранения и перевозки рудного сырья и продукции в дисперсном состоянии (пиритные склады, склады концентратов, хвостохранилище УГОК).

4. Для снижения кислотности почв и подвижности тяжелых металлов необходимо известкование; для нейтрализации подвижных форм элементов вносить сапропель или торф; высадить на загрязненной территории деревья и кустарники, устойчивые к техногенному загрязнению (тополь, сирень, акация, облепиха и др.).

5. Установить оптимальные дозы извести для внесения в почву (для повышения рН до 6,5-7,5).

6. Для инактивации тяжелых металлов рекомендовать населению применять на садовых и приусадебных участках: а) удобрения, богатые органикой (сапропель, перегной); б) известкование; в) не использовать минеральные удобрения, увеличивающие кислую реакцию почвы.

7. Выпас скота, заготовку сена, размещение частных садов и огородов производить за пределами зоны «опасного» загрязнения, в соответствии с картой Z_c в почве. Исследовать мес-

тные продукты животноводства на содержание в них тяжелых металлов.

8. Довести до сведения населения расположение особо опасных территорий, не пригодных для сбора грибов, ягод, выращивания сельхозпродукции и выпаса скота, а также о недопустимости использования в рационе питания детей, беременных женщин местной свеклы, моркови, капусты, редьки и, особенно, грибов, собранных в радиусе до 5 км от карьера. Исследовать степень уменьшения концентрации в продуктах питания солей тяжелых металлов при традиционных способах переработки и рекомендовать населению наиболее приемлемые и эффективные методы.

9. Провести исследования биосубстратов (волосы, ногти, моча, кровь) жителей г. Учалы и прилегающих населенных пунктов на содержание в них тяжелых металлов (Cu, Zn, Pb, Cd, As, Se).

10. Рассмотреть экономическую целесообразность удаления сапропеля из озер Карагайлы и Б. Учалы для рекультивации отвалов и загрязненных почв, удобрения садовых участков и др. Озеро Карагайлы находится под охраной как орнитологический памятник природы РБ, перед добычей сапропелевого ила согласовать с биологами. Для предотвращения эвтрофии

запретить размещение летних стойбищ скота на берегах озер Карагайлы и Б. Учалы.

11. Администрации города использовать наши материалы: 1) для оценки объемов рекультивации по ликвидации последствий деятельности УГОК; 2) при планировании землепользования: уточнить границу санитарной зоны; при отводе земельных участков для индивидуального жилищного строительства, дачных участков и др., предполагающих вовлечение земли в хозяйственный оборот; при зонировании территории города на селитебные и промышленные зоны, зоны коммунально-складского хозяйства, лечебных, спортивных и рекреационных учреждений; при размещении лечебных, школьных и дошкольных учреждений вне зоны с «опасной» и «чрезвычайно опасной» концентрацией вредных веществ; при оздоровлении населения г. Учалы; в процессе экономико-правового управления природопользованием – для оценки полноты контроля за выбросами и характера и степени влияния промышленных предприятий на прилегающие территории.

В заключение необходимо отметить, что полученные результаты могут быть распространены на районы с аналогичной промышленной специализацией, находящиеся в сходных природно-климатических условиях.

Список использованной литературы:

1. Белан Л.Н. Геоэкология горнорудных районов Башкортостана: Монография. Уфа, РНО БашГУ, 2003. – 178 с.
2. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы земли и ее окружения. М., Наука, 1987.
3. Геохимическая составляющая экологии горнорудных районов // Геологические исследования и охрана недр. М., 1992.
4. Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследования природных ландшафтов. М., 1964.
5. Глазовская М.А. Общее почвоведение и география почв. М., Высшая школа, 1981. – С. 131-166.
6. Добровольский В.В. География микроэлементов: глобальное рассеяние. М., Мысль, 1983. – 272 с.
7. Добровольский В.В. Природные и антропогенные биогеохимические циклы. М., Наука, 1990. – 173 с.
8. Ковальский В.В. и др. Южно-Уральский субрегион биосферы // Труды биохимической лаборатории. Т.19. М., Наука, 1981. – С. 3-64.
9. Ковальский В.В. Геохимическая среда, микроэлементы, реакции организмов // Труды биохимической лаборатории. Т.22 // Проблемы геохимической экологии. М., Наука, 1991. – С. 5-23.
10. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. М., ИМГРЭ, 1982. – 112 с.
11. Методические рекомендации по геохимическим исследованиям для оценки воздействия на окружающую среду проектируемых горнодобывающих предприятий. М., ИМГРЭ, 1983.
12. Назаренко И.И. и др. Анализ объектов окружающей среды. М., 1989. – 91 с.
13. Перельман А.И. Геохимические ландшафты. М., Наука, 1975.
14. Польшов Б.Б. Геохимические ландшафты. Избранные труды. Изд. АН СССР, 1956. – С. 477-786.
15. Сает Ю.Е. и др. Геохимия окружающей среды. М., Недра, 1983. – 335 с.