

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЯ НА ЮГЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА И СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИХ РЕШЕНИЮ

Л.Т. Крупская, Тихоокеанский государственный университет, Дальневосточный НИИ лесного хозяйства, Россия,

В.П. Зверева, Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Дальневосточный федеральный университет, Россия

А.М. Дербенцева, Дальневосточный федеральный университет, Россия

В докладе проанализировано экологическое состояние объектов окружающей среды в связи с освоением угольных месторождений на юге Дальнего Востока. В исследуемом районе по комплексу показателей (биологическим и особенно по общему токсико-мутагенному фону) фиксируется весьма сложная «катастрофическая» и «неудовлетворительная» экологическая ситуация. Это опасно не только для биоты, но и для человека. Предложены современные подходы к решению экологических проблем на основе использования биологических процессов и экобиотехнологии.

Введение. На Дальнем Востоке сосредоточено 30 % российских запасов угля. Дальневосточный регион характеризуется крайне неравномерным размещением угледобывающих предприятий. На Приморский край приходится не более 20 % всей добычи, а на огромную территорию Хабаровского края, Магаданской и Сахалинской областей всего лишь 9 %. Несоответствие между добычей угля и потребностью в нем в ряде районов обусловлено его нерациональными перевозками. Кроме того, многие угольные разрезы обанкрочены. Некоторые из известных месторождений не разрабатываются или мало разведаны. Основными проблемами в указанной сфере являются: отставание ежегодных объемов прироста запасов от объемов добычи угля, низкие темпы геологоразведочных работ при освоении угольных месторождений Дальнего Востока и недостаточная эффективность их эксплуатации в части наиболее полного и комплексного извлечения топливно-энергетических ресурсов.

Существующая технология открытого способа добычи предусматривает валовый способ отвалообразования и вывоз вскрышных пород на внешние отвалы. Она практически не учитывает современные требования по охране окружающей среды на угольных предприятиях. Это оказывает отрицательное влияние на экосистемы. В результате происходит техногенное загрязнение почвенно-растительного покрова, водных объектов (сбросы сточных вод составляют более 20 %) и воздушного бассейна (выбросы загрязняющих веществ - около 50 %). В связи с этим цель исследования состояла в выявлении основных экологических проблем и факторов, обуславливающих негативное воздействие угольных предприятий на объекты окружающей среды, а также в оценке их состояния для обеспечения экологической и социальной безопасности. Исходя из цели, предполагалось решение следующих задач: 1. Анализ, обобщение и систематизация литературных данных по названной проблеме; 2. Изучение закономерностей изменения почвенно-растительного покрова при освоении угольных месторождений; 3. Проведение экспериментальных исследований по определению отклика биотической составляющей природных систем на техногенное воздействие; 4. Разработка эффективных способов снижения отрицательного влияния процессов освоения угольных месторождений на окружающую среду.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования явились природно-горнопромышленные системы. Методологической основой исследований послужило учение академика В.И. Вернадского о биосфере и ноосфере, а также основные положения, изложенные в Программе и методике изучения техногенных биогеоценозов и других работах [1- 4 и др.].

Характер решения названных задач предопределил использование следующего комплекса основных методов и методических приемов: научного прогнозирования, систематизации, моделирования и научной классификации. В процессе исследований нашли применение главный и определяющий системно-комплексный подход, как отвечающий характеру его исходного предмета, а также современные инструментальные и традиционные физико-химические и хи-

мические методы, статистической обработки данных.

Экспедиционные полевые исследования в зоне влияния горных предприятий проведены с 2001 по 2005 гг. и 2011-2012 гг. (с июня по октябрь) в Приморском крае в районах действия бывшего угольного разреза Реттиховского и бывших шахтоуправлений: Партизанского, Липовецкого и Тавричанского, а также действующих предприятий: Лучегорского (Приморский край), Ургальского (Хабаровский край), Ерковецкого и Райчихинского (Амурская область).

Полевые исследования выполнялись по единой методике. Пробы готовились к анализу однообразно и анализировались на содержание тяжелых металлов (ТМ) в Хабаровском инновационно-аналитическом центре ИТИГ ДВО РАН на современном приборе ISP. Использовались биологические методы [5, 6 и др.].

В процессе решения задач, направленных на выявление закономерностей изменения почвенно-растительного покрова при освоении недр, изучались процессы почвообразования и естественного зарастания в условиях техногенных ландшафтов общепринятыми методами [7-12].

Учитывая состав выбросов, отбирались пробы воздуха на определение взвешенных веществ гравиметрическим методом, оксида углерода, диоксида серы и др. Одновременно измерялись метеорологические параметры (скорость и направление ветра, атмосферные явления). Химический анализ проводился по методам, изложенным в «Руководстве по контролю загрязнения атмосферы» РД.52.04.286-89». Показатели качества воздуха и средние концентрации сравнивались со среднесуточными ПДК, а максимальные из разовых концентраций – с ПДК максимальными разовыми.

Математическая обработка полученных результатов осуществлялась с помощью пакетов прикладных программ на персональном компьютере, в основе которых лежат общепринятые методы вариационной статистики.

Результаты и обсуждения. Анализ, систематизация и обобщение литературных источников, характеризующих состояние природных систем при освоении недр, находящихся в различных природных зонах [4-19], свидетельствует о том, что ни один показатель в отдельности, насколько бы он ни был информативен, не может оценить состояние экосистем и функционирование его биотической составляющей. Только комплекс показателей позволяет дать более объективную оценку и выявить экологические проблемы на угольном предприятии.

В области построения системы природоохранной деятельности фундаментальное значение имеет положение о том, что угроза существованию человека связана не столько с прямым техногенным загрязнением компонентов природной среды, сколько с разрушением естественной биоты Земли.

По мнению ряда ученых, устойчивое развитие и прогресс общества возможны при единственном и обязательном условии – никогда не превышать допустимого порога возмущения естественной биоты планеты [13-14; 16-18 и др.]. Исходя из этого, можно предположить, что сохранение биоты и значение допустимой высоты порога ее техногенного возмущения является мерой, определяющей безопасные темпы роста угледобывающей отрасли промышленности. А это может быть доступно только путем реализации принципа коэволюции техно- и биосферы, в основу которого положен принцип «sustainable development», который в России трактуется, как стратегия устойчивого развития природы и общества [13 и др.]. Необходимым условием его реализации является замена санитарно-гигиенического принципа нормирования техногенной нагрузки биологическим [14].

Следует сказать, что проблема нормирования нагрузок на экосистемы обсуждается уже более двух десятилетий. Накоплен огромный фактический и методический материал. К сожалению, он никак не используется для решения технических и технологических вопросов при оценке негативного воздействия процессов освоения угольных месторождений на природные системы. Хотя в других регионах России, США и в Европе делаются попытки решения этой проблемы [7-9; 13-14, 17 и др.]. К сожалению, работ по изучению биологических последствий строительства и эксплуатации горнодобывающих предприятий на экосистемы публикуется очень мало. К числу таких работ, например, относятся исследования, выполненные специалистами Пущинского научного центра РАН [15].

Различные подходы к определению критериев оценки состояния экосистем, а также разработке показателей рассмотрены во многих работах [13-19 и др.]. В этих публикациях учитываются интересы биологической системы и ее структура.

Таким образом, накопленный огромный опыт сбора и анализа информации свидетельствует о том, что синтез этих знаний, позволяющих подойти к поиску технологий добычи угля, экологически безопасных для природно-равновесных экосистем, пока нет. Поэтому существующие способы и методы оценки воздействия горного производства на объекты природной среды не могут обеспечить полномасштабную защиту окружающей среды. Это означает смертельный приговор живой природе при значительных финансовых затратах на ее охрану, несмотря на то, что биологическое сообщество, биогеоценоз обладают «устойчивостью» или стабильностью, т. е. внутренней способностью противостоять возмущающим факторам.

На наш взгляд, методы биоиндикации являются наиболее приемлемыми для оценки уровня экологической опасности техногенного загрязнения в процессе освоения угольных месторождений [5-7; 9-11, 18 и др.].

Анализ и систематизация литературных данных свидетельствует о том, что существующие методы оценки воздействия угольного предприятия на объекты природной среды не могут обеспечить полномасштабную защиту окружающей среды. Только методы биоиндикации, в том числе с использованием в качестве тест-объектов высших растений позволят объективно оценить степень влияния техногенеза, связанного с горным производством.

Следует отметить, что дальневосточные угли характеризуются высоким содержанием естественных радионуклидов [19 и др.]. Их добыча на юге Дальнего Востока производится открытым и подземным способами с вывозкой вскрышных пород во внешние отвалы. Это способствует формированию карьерно-отвальных техногенных ландшафтов с резко расчлененным рельефом. Создание карьеров, образование отвалов пустых пород и отходов переработки угля на обогатительной фабрике, строительство промышленных площадок, транспортных и энергетических коммуникаций способствуют не только загрязнению воздушного бассейна и водных объектов, нарушению водного баланса, но и изменению структуры, деградации растительного и почвенного покровов и их разрушению. Помимо качественного и количественного аспектов воздействия угледобывающих предприятий нами выявлены их пространственные и временные аспекты. Выделены следующие категории влияния: 1) прямое, 2) косвенное и 3) смешанное. К первой категории относятся территории, на которых размещены производственные объекты и складированные отходы переработки угля; ко второй – площади, где сосредоточены транспорт, сфера обслуживания, коммуникации и населенные пункты; к третьей – территории, занятые под транспортными путями, электростанциями и гидротехническими сооружениями.

Анализ воздействия технологических процессов на окружающую среду свидетельствует о высокой степени напряженности экологической обстановки в районе исследования. Она обусловлена: 1. Геолого-геоморфологическими проблемами; 2. Состоянием воздушного и водного бассейнов; 3. Земельными проблемами.

1. Геолого-геоморфологические проблемы. Добыча угля производится из относительно глубоких горных выработок. С ними связаны нарушения естественного состояния горного массива, способствующего деформации земной поверхности и развитию нежелательных экзогенных процессов. Возрастает твердый сток. Наблюдаются изменения физико-механических свойств четвертичных отложений, их пористости и массы. Они проявляются в усилении скорости выветривания почв и горных пород, заболачивании пойм и плоских поверхностей, процессах механической суффозии, речной аккумуляции. Для угледобывающих предприятий большой проблемой является высокий выход отходов на единицу добываемой продукции. На отвалах вскрышных и вмещающих пород интенсифицируются эрозионные процессы. Эрозионный снос с 1 га достигает 20 и более тонн. В период муссонных дождей формируются языки протяженностью свыше 600 м.

2. Состояние воздушного и водного бассейнов. Результаты исследования показывают, что загрязнение воздуха в зоне влияния угольного предприятия можно отнести к довольно высокому уровню. Кратность превышения максимальных концентраций загрязняющих веществ

относительно фонового содержания колебалась от 1,8 до 16 раз. Полученные данные позволили сделать вывод о значительном загрязнении сточными водами водных объектов исследуемого района. Так, в ручье Лозовом (Партизанский район Приморского края) содержание хрома составляет (мг/л): от 0,02 до 0,21, меди – 0,07-0,17, сульфатов – 5 при pH 7,1. В озере Теплое соответственно присутствует (мг/л): хром – 0,08; медь – 0,03, сульфаты 3 при pH 8,1. В Шламовом озере содержание (мг/л): хрома – 0,118, меди – 0,13, сульфатов 54.

3. Земельные проблемы. О масштабах негативного воздействия предприятий угольной промышленности на земельные ресурсы свидетельствуют следующие данные: в среднем в процессе добычи 1 млн. тонн угля, например, в Ургальском угольном предприятии Хабаровского края, отчуждается от 400 до 800 га земельных угодий. Добыча одной тысячи тонн угля сопровождается выдачей от 500 до 800 тонн вскрышной горной породы и свыше 11000 – при открытом способе. В результате на дневной поверхности образуются в виде отвалов скопления неиспользуемых горных пород, многие из которых крайне неблагоприятны и даже токсичны для роста и развития растений из-за кислотности и высокого содержания тяжелых металлов. Карьерные выемки, провалы и прогибы земной поверхности, остаточные горные выработки, ветровая и водная эрозия и породные отвалы коренным образом преобразуют окружающий природный ландшафт, оказывая негативное влияние на прилегающие территории. В Приморском крае и Амурской области угольными разработками нарушаются ценные в народнохозяйственном отношении земли: сельхозугодья и пашни. Темпы рекультивации нарушенных горными работами земель крайне низки.

В связи с высокой удельной технологической землеемкостью угледобывающих предприятий Дальнего Востока, где она составляет до 50 га на 1 млн. тонн угля, вопрос использования земельного отвода здесь приобретает особую остроту.

Наиболее полно картину использования земельных ресурсов угольными предприятиями отражает показатель удельной экологической землеемкости, то-есть отношение всех земельных площадей в районе разработки угля, прямо или косвенно подвергшихся негативному воздействию объектов горного производства, приходящихся на единицу продукции (1 млн./т угля). Этот показатель нами рассматривается в тесной взаимосвязи с такими факторами, как ценность земель зоны геохимического, гидрогеологического, эрозионного воздействия, а также технологические этапы разработки месторождения. Проведенными исследованиями установлено, что величина удельной экологической землеемкости в 4-5 раз превышает – технологическую, что свидетельствует о крайне низкой эффективности использования земель на угольном предприятии.

Как показали наши исследования (материалы дешифрирования аэрофотоматериалов и аэрокосмические снимки, натурные наблюдения), отмечается обеднение флористического состава растительного покрова. В почвенном слое, на прилегающих к угольным предприятиям площадях, происходит уменьшение продуктивной влаги или развиваются процессы заболачивания и подтопления. Это происходит за счет сброса дренажных вод, что способствует снижению урожайности сельхозкультур, например, в Приморском крае и Амурской области. Ухудшение условий водно-воздушного режима сопровождается уменьшением порозности, увеличением удельного веса, стойкими изменениями в химическом составе почв. Следствием этого является изменение видового состава растительности и в некоторых случаях преобладающее развитие мезофитов в условиях болотообразовательного процесса. В целом эти проблемы находят прямое отражение в исчезновении старых и формировании новых биогеоценозов, что особенно характерно для районов открытой добычи угля. При подземной угледобыче наблюдается частичное уничтожение биогеоценологических комплексов.

Установлено, что в замкнутых прогибах наблюдается накопление закисного железа (до 15 мг/100 г почвы) и подвижного алюминия (до 16-17), что сопровождается угнетением растительности и полезной микрофлоры верхних слоев почвы на сопредельных территориях при сельскохозяйственном их использовании на расстоянии 1,5-2,5 км от углебогатительной фабрики.

Обнаружены высокие концентрации хрома в водной вытяжке почв до 6,11 мг/л (шахта «Глубокая» Партизанского района Приморского края), что составляет более 122 ПДК и превышение меди в десятки и более раз.

Наиболее чувствительными процессами, на которые оказывает влияние техногенное загрязнение среды обитания, является репродуктивная деятельность, что выражается в увеличении стерильности пыльцы растений-биоиндикаторов в районе исследования (до 23 %). На основании этих данных выделены три зоны техногенного воздействия (очень сильная степень загрязнения, сильная и умеренная).

Анализ содержания в почвах подвижных форм тяжелых металлов в зоне влияния угледобывающего предприятия позволил выявить корреляционную зависимость между их концентрацией и цитогенетическими изменениями в клетках растений, которые являются биоиндикаторами (тест-система «Стерильность пыльцы»). С повышением степени загрязнения почвенного покрова повышается стерильность пыльцы. Суммарный коэффициент загрязнения в зоне влияния угольного предприятия равен 79. Судя по составу микрофлоры, структура и функционирование микробоценозов здесь нарушены. В связи с техногенным загрязнением экосистем формируются экологически обусловленные заболевания.

Использование модуля техногенного давления с учетом токсичности химических элементов, рассчитанного по соответствующей методике [17 и др.], позволяет утверждать о возможном поступлении их в биосферу при потреблении угля в конкретном районе и сделать прогноз о степени загрязнения ими объектов окружающей среды. Выявлено высокое техногенное давление (115 т/год км) химических элементов: серы, меди, цинка, свинца, никеля и др., характерное для Приморского и Хабаровского краев. В Камчатской области этот показатель несколько меньше.

Источником загрязняющих веществ являются уголь, вскрышные и вмещающие породы. Химический анализ вскрышных пород Павловского разреза представлен в таблице.

Таблица – Химический состав вскрышных пород, отобранных в зоне влияния Павловского разреза Приморского края (мг/кг) [20]

Наименование химического элемента	Глубина отбора (0-20 см)	Глубина отбора (30-40 см)	Глубина отбора (40-60 см)
Ni	10,0	24,0	16,5
Zn	81,5	xx	27,1
Cu	13,1	23,6	16,5
Cd	0,3	1,5	3,1
Pb	0	20,9	0
Cr	23,4	58,1	36,8
S	54629,0	xx	xx

Теоретически, базируясь на публикациях ученых России, а также из других различных стран и наших собственных, с точки зрения возможности достижения гармонии в социобиотехносфере можно предложить в процессе добычи угля использование потенциала биологических объектов в следующих видах горных и природоохранных работ: **1. Горные работы:** 1.1. Обеспечение комплексного использования добываемого сырья, позволяющего увеличить его выход; 1.2. Предотвращение трансформации и деградации природных систем; 1.3. Санитарно-гигиеническая консервация поверхностей склонов отвалов, предотвращение их пыления с использованием методов гидропосева; **2. Организация наземного биологического мониторинга** за качеством окружающей среды в районе проведения горных работ, базирующегося на наблюдениях за организмами – биоиндикаторами; **3. Проведение работ по воспроизводству плодородия** в нарушенных ландшафтах и реабилитации экосистем (агрохимическое и агротехническое воссоздание плодородия почв, путем обогащения почвогрунтов бактериальными культурами и мезофауной, почвоулучшающими удобрениями; биологическая стабилизация наземной поверхности, предполагающая использование растений: много-

летних бобово-злаковых травосмесей, севооборотов; лесохозяйственная рекультивация, предусматривающая лесопосадки; водная рекультивация, предназначенная для реинтродукции (перемещение отловленных в природе рыб, животных во вновь созданные водоемы); возвращение во вновь возникшие техногенные экосистемы животных и растений, относящихся к редким видам, для создания новых популяций; очистка сточных промышленных вод. К сожалению, на Дальнем Востоке практически не изучены возможности использования биологических процессов в горнодобывающей промышленности.

Для обеспечения экологической и социальной безопасности предложены следующие природоохранные мероприятия: 1. Совершенствование технологии добычи и переработки угля; 2. Внедрение технологий, предусматривающих комплексное использование добываемого сырья; 3. Рекультивация природной среды; 4. Организация горно-экологического мониторинга изменения объектов окружающей среды в зоне влияния горного объекта и здоровья человека; 5. Совершенствование законодательной базы; 6. Оздоровление населения горняцких поселков с целью профилактики экологически обусловленных заболеваний 7. Разработка Стратегии и Программы экологической безопасности районов освоения угольных месторождений на юге Дальнего Востока с учетом зонирования территорий.

Заключение. На основании проведенных исследований выявлены экологические проблемы на угледобывающих предприятиях юга Дальнего Востока, обусловленные следующими факторами: несовершенством технологий добычи и переработки угля, гидрогеологическими особенностями месторождения, характером протекания современных экзогенных геоморфологических процессов, способом отвалообразования, складированием горной породы и шламов, характером залегания полезного ископаемого, глубиной разработки, применяемым оборудованием, вещественным составом углей и вскрышных пород, функциональными особенностями производственных объектов и их размещением. Установлена высокая степень напряженности экологической обстановки в зоне влияния угольных предприятий, проявляющаяся в нарушении верхней части геологического фундамента, деградации и уничтожении не только почвенно-растительного покрова, но и всего исторически сложившегося природного комплекса. Происходит не только загрязнение выбросами воздушного бассейна и сбросами сточных вод водных объектов, но и трансформация почвенно-растительного покрова под влиянием выщелачивающихся из вскрышных, вмещающих горных пород и угля, химических элементов, в том числе тяжелых металлов (медь, хром, никель, свинец, кадмий и др.). Наибольшее техногенное давление испытывают экосистемы Приморского и Хабаровского краев. По комплексу показателей, в том числе биологических, в исследуемом районе фиксируется весьма сложная «катастрофическая» и «неудовлетворительная» экологическая ситуация. Это опасно не только для биоты, но и для человека. Для обеспечения экологической и социальной безопасности процессов освоения угля на юге Дальнего Востока предложен ряд природоохранных мероприятий.

Список литературы

1. Вернадский В.И. Живое вещество. – М.: Наука, 1978. – 357 с.
2. Вернадский В.И. Очерки геохимии. – М.: Наука, 1983, – 422 с.
3. Вернадский В.И. Биосфера. – М.: Мысль, 1967. – 287 с.
4. Колесников Б.П. Методы изучения биогеоценозов в техногенных ландшафтах. // Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. – М., 1978. – 521 с.
5. Паушева О.И. Цитогенетические методы исследования – М.: Колос, 1989. – 205 с.
6. Горовая А.И., Бобырь Л.Ф., Дигурко В.М., Скворцова Т.В. Методические аспекты мутагенного фона и генетического риска для человека и биоты от действия мутагенных экологических факторов. // Цитология и генетика. 1996. 30, № 6. – С. 78-86.
7. Сочава В.Б. Ботанико-географические соотношения в бассейне Амура // Амурская тайга. Л.: Наука, 1969. – С. 5-15.
8. Зонн С.В. Изучение почвы как компонента биогеоценоза / С. В. Зонн // Программа и методика биогеоценологических исследований. – М.: Наука, 1974. - С. 215-232.

9. Шлотгауэр С.Д. Антропогенная динамика и возобновление растительности на горнопромышленных отвалах речных пойм Охотии // Научные и практические аспекты добычи цветных и благородных металлов. Докл. междунаро. совещания. Хабаровск, Т. 2, 2000. – С. 473-482.
10. Чибрик Т.С. Формирование растительных сообществ в процессе самозарастания на отвалах угольных месторождений Урала // Растения и промышленная среда. – Свердловск, 1979. – С. 23-59.
11. Моторина Л.В. Естественное зарастание отвалов открытых разработок // Растительность и промышленные загрязнения. –Свердловск, 1970. – С. 118-123.
12. Колесников Б.П., Махонина Г.И., Чибрик Т.С. Естественное формирование почвенного и растительного покровов на отвалах Челябинского бурогоугольного бассейна // Растения и промышленная среда. – Свердловск, 1976. – С. 70-123.
13. Галченко Ю.П. Обеспечение экологической безопасности горного производства на основе коэволюции природных и техногенных геосистем // Горные науки на рубеже XXI века. – Екатеринбург: ИГД УРО РАН, 1998. – С. 418-427.
14. Галченко Ю.П., Хишнктеув С.В. О методологических подходах к проблеме биологического нормирования площадей техногенного разрушения естественной биоты при строительстве горнодобывающих предприятий // Экологические системы и приборы. 2001. №4. – С. 16-21.
15. Востокова Е.Л., Гунин П.Д., Буян-Орших Х и др. Методология оценки состояния и картографирования экосистем в экстремальных условиях. Пушинский научный центр – РАН, 1993. – 202 с
16. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 560 с.
17. Бондарев Л.Г. Металлический пресс на биосферу //Проблемы общей физической географии и палеогеографии. –М.: МГУ, 1976. – 212 с.
18. Крупская Л.Т., Дербенцева А.М., Биткина Т.Ю., Леоненко А.В. Биоиндикационные методы как элемент горно-экологического мониторинга зон влияния горнодобывающих объектов юга Дальнего Востока //Экологические системы и приборы. 2005, № 11. – С. 6-9.
19. Крупская Л.Т., Матвиенко Т.И., Самагин В. Д. Содержание естественных радионуклидов в дальневосточных углях и золошлаковых отходах тепловых электростанций // Известия Вузов. Горный журнал. 2007. № 1. – С. 51-53.
20. Назаркина А.В., Крупская Л.Т., Арефьева О.Д., Дербенцева А.М. и др. Техногенная трансформация свойств почв угольных и горнопромышленных комплексов: монография. – Владивосток: Изд. Дом Дальневос. фед. ун-т, 2012. – 144 с.