

РАЦИОНАЛЬНОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ ГЕОСИСТЕМНОГО ПОДХОДА

Наумов В.А.¹, Караваяева Т.И.¹, Спасский Б.А.²

¹Естественнонаучный институт ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь, Россия (614990, Пермь, ул. Генкеля, 4), e-mail: georisk@psu.ru

²ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь, Россия (614990, Пермь, ул. Букирева, 15), e-mail: naumov@psu.ru

Рациональность размещения объектов горнодобывающего комплекса заключается в обеспечении экологической безопасности компонентов природной среды территории. Рассмотрена и обоснована необходимость применения геосистемного подхода при выборе участков размещения экологически опасных объектов. Определяющими в выборе места расположения являются источники и виды воздействия, скорость протекания обменных реакций в компонентах геосистем, обеспечивающих их устойчивость к техногенному воздействию, что позволяет сохранить благоприятные условия функционирования природной среды и ресурсный потенциал территории. Наиболее рациональным является размещение объектов горнодобывающего комплекса в пределах верхних участков речных бассейнов, обладающих максимальным промывным режимом.

Ключевые слова: геосистема, речной бассейн, устойчивость, экологическая безопасность, промышленные объекты, загрязнение.

RATIONAL PLACEMENT OF MINING COMPLEX ON THE BASIS GEOSYSTEM APPROACH

Naumov V.A.¹, Karavaeva T.I.¹, Spassky B.A.²

¹Natural Science Institute of Perm State National Research University, Perm, Russia (614990, Perm, Genkelya str., 4), e-mail: georisk@psu.ru

²Perm State National Research University, Perm, Russia (614990, Perm, Bukireva str., 15), e-mail: naumov@psu.ru

Rationality siting mining complex is to ensure the environmental safety of the components of the natural environment areas. Considered and the necessity of application geosystem approach to site selection placement of environmentally hazardous facilities. Decisive in the choice of location is the source and types of impact, the velocity of exchange reactions in components Geosystems to ensure their resilience to human impact, thus preserving the favorable conditions for the functioning of the natural environment and resource potential of the area. The most rational is the placement of objects within a mining complex in the upper portions of river basins having a maximum washing regime.

Keywords: geosystem, river basin, stability, environmental safety, industrial facilities, pollution.

Горнодобывающее производство является экологически опасным и, создавая многолетние источники загрязнения, приводит к снижению качества компонентов природной среды, что существенно изменяет ресурсную и средообразующую функции геосистем территории. Возникает экологическая проблема противоречия экономической целесообразности освоения месторождений полезных ископаемых и экологической безопасности среды обитания. Острота этой проблемы зависит от выбора оптимального места размещения объектов в соответствии с особенностями геосистемной организации территории. Предварительный анализ структуры ландшафта с использованием фундаментальных основ функционирования геосистем позволяет минимизировать экологические риски при промышленном освоении территории, существенно снизить затраты на эксплуатацию объектов и плату за ущерб от загрязнения компонентов природной среды.

Нормативно-методическое обеспечение недропользования недостаточно учитывает

фундаментальные законы экологии, структурную организацию и иерархию геосистем, их устойчивость к внешним воздействиям, взаимодействие компонентов в природных комплексах. Основное значение придается констатации загрязнения компонентов природной среды и разработке мероприятий по его снижению в процессе строительства и эксплуатации объектов. Такое методическое обеспечение ориентирует недропользователей на постоянную работу со следствием происходящих процессов, а не на устранение причин сверхнормативного загрязнения природной среды.

Анализ работы горнодобывающих комплексов и практика проведения государственной экологической экспертизы показали, что одной из основных причин существенного загрязнения компонентов природной среды является размещение объектов без учета внутренней организации и экологической емкости геосистем. При этом исключаются компенсаторные возможности природного комплекса, позволяющие активно трансформировать и снижать степень загрязнения, исключаются возможности увеличения объемов фильтрации отходов в подземные воды без повышения уровня экологического риска. Геосистемный подход к размещению промышленных объектов позволяет в полной мере использовать возможности природных условий территории.

Фундаментальные основы геосистемной организации территории

В процессе геологического формирования территории создается современный рельеф, характерный для конкретных ландшафтов. В процессе выветривания нивелируются возвышенности, вещество транспортируется вниз по склонам и депонируется в понижениях рельефа, образуя геохимические потоки рассеяния. Поток вещества формируется за счет разницы потенциальной гравитационной энергии, заключенной в рельефе водоразделов и дна долины реки. Следуя закону гравитации, поверхностные и подземные воды подчиняются морфологическим особенностям рельефа, в целом повторяют его контуры и изменяют скорость движения в соответствии с градиентами высоты. Геологическая среда создает базис для формирования биогеоценологических условий местности в соответствии с зональными климатическими условиями: почвы, микроорганизмов, растительности и животного мира. Совместное развитие растительности и животных под действием естественного отбора способствует их приспособлению к конкретному участку ландшафта, использованию строго определенных пищевых и энергетических ресурсов. Экологический закон единства «организм-среда» утверждает, что жизнь развивается в результате постоянного обмена веществом и информацией на базе потока энергии в совокупном единстве среды и населяющих ее организмов. Единство организмов и среды обитания на определенной территории образует природную систему.

Объектами изучения геоэкологии являются сложноорганизованные полигеокомпонентные природные системы [2] – геоэкосистемы, требующие интеграции

географии, экологии, геологии и других наук. Пространственный и функциональный анализ геосистемы позволяет определить ее устойчивость по отношению к внешним воздействиям. Важнейшей особенностью изучения является четкая территориальная привязка объекта. При анализе территории для размещения промышленных объектов горнодобывающего комплекса выбор геосистемной единицы ландшафта, в пределах которой может оказываться воздействие на компоненты природной среды, имеет принципиальное значение. При этом такая структурная единица должна быть больше площади зоны непосредственного воздействия объекта на окружающую среду, поскольку компоненты природной среды прилегающих территорий находятся во взаимной связи и определяют устойчивость геосистем к внешним нагрузкам [4]. Геоэкологический анализ работы горнодобывающих комплексов на месторождениях калийных и магниевых солей показывает, что при выборе территории наиболее целесообразно использовать бассейновый подход, когда экологическое состояние геосистемы изучается в пределах речного бассейна малой реки, который является объектом анализа; при этом особое внимание уделяется анализу потоков вещества.

В экологическом отношении речной бассейн – это природная система, имеющая естественные границы, включающая в себя совокупность взаимосвязей абиотических и биотических факторов, влияющих на пространственную организацию и развитие почвы, животного мира и растительности. Функционирование такой системы основано на объективных физических и экологических законах. Любой речной бассейн представляет собой ландшафтно-геохимическую систему, построенную по каскадному принципу движения вещества и энергии. Экологическая устойчивость водосборного бассейна совместно с рекой и однонаправленным потоком вещества, поверхностных и подземных вод является предметом изучения при выборе места размещения объектов. Устойчивость определяется не только прямым воздействием объектов на компоненты геосистемы и их ответной реакцией, но и влиянием компонентов, находящихся вне зоны непосредственного воздействия, на трансформацию поступающих в природную среду загрязнений (разбавляющая способность притоков, воднорегулирующая роль леса и т.п.) [4]. В полной мере проявляется действие неизбежности трансформации природных систем.

Водосборные бассейны отличаются собственным специфическим рельефом, геологическим строением, площадью, водностью, микроклиматом, которые определяют потенциальные запасы влаги, величины стока, перемещения твердого материала, а это, в конечном итоге, влияет на формирование почвенно-растительного покрова и животного мира, а также на устойчивость геосистемы к внешним воздействиям. Все потенциально возможные воздействия производственного объекта локализуются в пределах водосборного бассейна и не распространяются за его пределы. Воздействия на геосистему изменяют сложившееся квазиравновесное состояние отдельных природных компонентов, способствуют появлению и

развитию новых, не характерных для геосистемы процессов – ускоренная эрозия, плоскостной смыв грунтов в связи с вырубкой леса на водосборной площади, дефляция почв и земель, заболачивание, засоление и загрязнение почв, поверхностных и подземных вод, уменьшение биоразнообразия. Наиболее существенным, определяющим воздействием объектов горнодобывающих комплексов является засоление поверхностных и подземных вод. Величина отклонения геосистемы от естественного устойчивого состояния является индикатором внешнего воздействия, ответной реакцией, выраженной в последствиях – изменении показателей качества природного комплекса. Характеристика депонирующей способности ландшафта и активности обмена в нем веществ (характеристика промывного режима природного комплекса, разбавляющей и трансформирующей способности) позволяет дать характеристику природно-экологического потенциала геосистемы (водосборного бассейна), которая основана на интенсивности развития процессов [4].

Методические положения геосистемной оценки территории для выбора мест размещения объектов горнодобывающего комплекса

Анализ места размещения промышленных объектов всегда должен проводиться не на абстрактных территориях и неопределенных ареалах, а на иерархически определенных природных территориальных комплексах – геосистемах. Выбор наиболее оптимальной геосистемы является первым этапом анализа.

При принятии решения о возможности размещения производства на определенной территории важнейшим является принцип экологической безопасности – сохранение в допустимых пределах прежних качеств составляющих компонентов геосистемы. Соблюдение этого принципа зависит от масштаба и степени экологической опасности намечаемой деятельности. Проектирование, например, автозаправочной станции, не требует изучения экологических условий всего водосборного бассейна. Вполне достаточно изучить структурную геосистемную единицу более низкого ранга – биогеоценоз. Биогеоценоз – природная система, объединяющая на основе обмена веществ и энергии совокупность растительных, животных и микроскопических организмов со средой их обитания [3]. Масштаб распространения воздействия по площади имеет приоритетное значение для определения потенциальной зоны влияния объекта [8].

Масштабы и степень воздействия на территорию объектов горнодобывающего комплекса на многие порядки превосходят воздействия относительно безопасных в экологическом отношении объектов. Основными объектами горнодобывающего комплекса (на примере месторождения по добыче солей) являются:

- рудник с шахтным стволом;
- обогатительный комплекс (флотационная или галургическая схема) на промышленной площадке;

- солеотвалы, шламохранилища, закладочные пространства;
- объекты вспомогательного назначения (промплощадка).

Доминирующую роль в загрязнении природных вод (свыше 80 % всех потерь, из которых 60 % приходится на фильтрацию в водоносные горизонты) играют шламохранилища, содержащие рассолы хлоридно-натриевого состава с минерализацией до 220 г/дм³. Рассолы могут попадать в водоносные горизонты и далее в дренирующие их водотоки территории.

В солеотвалах складировются твердые отходы горного производства. Масштабы их влияния на загрязнение подземных вод значительно меньше по сравнению с шламохранилищами. Интенсивность утечек из рассолосборников солеотвалов, в зависимости от геологических условий места расположения, существенно изменяется и может составлять 20–30 % от общих фильтрационных потерь.

Промплощадки загрязняют природные воды за счет фильтрации из небольших местных рассолосборников, канализационных траншей, разовых сливов рассолов на территории промплощадок, растворения и смыва солей, потерянных на территории погрузочных пунктов. Фильтрационные потери рассолов на промплощадках значительно ниже по сравнению с солеотвалами и шламохранилищами.

Основными объектами загрязнения природной среды, для которых следует выбирать экологически оптимальное место размещения, являются шламохранилища и солеотвалы.

Анализ экологической ситуации за многолетний период эксплуатации горнодобывающих комплексов показывает, что при размещении промышленных объектов в среднем и нижнем течении рек поверхностные и подземные воды подвержены существенному техногенному воздействию. Воды солоноватые, хлоридного состава. В замыкающем створе водосборного бассейна, при впадении в реку-приемник, гидрохимическая фация остается хлоридно-нитриено-калиевой. Грунтовые воды загрязнены в широком ареале радиальной фильтрации от объектов комплекса. Установлено закономерное значительное увеличение минерализации с глубиной, в отличие от фоновых территорий, где мощность зоны пресных вод может составлять десятки метров. Существующие гидрохимические условия свидетельствуют об аккумуляции загрязняющих веществ, в связи с превышением объема поступающих загрязнений над возможностями промывного режима в этих частях речных бассейнов.

Известно, что чем значительнее в водном балансе ландшафта сток, инфильтрация и вынос вещества, тем большая часть химических элементов уходит за его пределы с поверхностными, внутрипочвенными и грунтовыми водами. Благоприятными внутренними факторами противодействия геосистеме техногенному химическому загрязнению следует считать интенсивный поверхностный и подземный сток, максимально возможную в данных условиях водосборную площадь и залесенность, наиболее длинный путь транзита рекой

загрязнений через геосистему. Совокупность этих факторов создает условия для трансформации и разбавления загрязнений, препятствует их аккумуляции в концентрациях выше допустимых для подземных и поверхностных вод, водных и наземных экосистем, обеспечивая значительную экологическую емкость геосистемы. Общая закономерность заключается в том, что чем более расчленен речной бассейн, тем при прочих равных условиях он быстрее и полнее дренирует поверхностный и подземный водосбор, тем выше промывной режим территории, и, следовательно, быстрее удаляются загрязнения и выше экологическая устойчивость всей геосистемы [7]. Предпочтение при выборе бассейна конкретной малой реки для размещения объектов следует отдавать реке, транспортирующей загрязнения по максимально длинному пути до населенных пунктов и водозаборов.

Таким образом, динамика потока веществ и устойчивость геосистемы являются определяющими для экологически безопасного размещения промышленных объектов.

Вторым этапом анализа является выбор в пределах геосистемы конкретных мест размещения объектов. Структурные особенности водосборного бассейна позволяют определить наиболее динамичные зоны, с максимально возможным промывным режимом.

Речные бассейны с преобладающей долей водосборных площадей в верхних участках речной сети (притоки первого порядка) обеспечивают наилучшее дренирование территории. На этих участках максимальные уклоны поверхности водосборной площади, максимальные гравитационные градиенты потока подземных вод, наибольшая мощность зоны аэрации (вертикальной фильтрации) и площадь интенсивного дренирования, хорошо картируемая истоками рек и ручьев.

Фильтрующиеся рассолы хлорида натрия обладают высокой плотностью и от источника загрязнения погружаются до уровня грунтовых вод практически вертикально, создавая купол растекания. Достигая уровня грунтовых вод, рассолы подхватываются потоком и выносятся в сторону ближайшей локальной дрены, постепенно погружаясь к основанию потока. В случае, когда источник загрязнения находится на относительно небольшом расстоянии от реки, рассолы, имеющие высокую плотность, не успевают рассредоточиться по потоку грунтовых вод и погрузиться ниже поддолинного стока реки. Основная часть фильтрационных потерь рассолов перехватывается и транспортируется рекой и подрусловым подземным потоком; существенно снижается плотность рассолов и утрачивается способность погружаться в зону более затрудненного водообмена. Аккумуляция рассолов в нижележащих водоносных комплексах не происходит, поэтому ареал засоленной зоны подземных вод узко ограничен и имеет локальное, а не региональное значение. Разбавление засоленных вод притоками малой реки позволяет на небольших расстояниях снизить содержание хлоридов до допустимых пределов в водотоках рыбохозяйственного значения. Расчеты смешения вод не представляют сложности и позволяют моделировать планируемую деятельность. Задача

проектных решений заключается в обеспечении допустимых объемов фильтрации рассолов, не превышающих возможности промывного режима этого участка геосистемы. Предотвращение возможности аккумуляции рассолов в подземных водах снижает размеры зоны загрязнения до узколокальных значений, не позволяет увеличиваться концентрации загрязняющих веществ, исключает площадную разгрузку засоленных вод родниковым стоком. В разбавлении засоленных вод участвует весь поверхностный и подземный водосбор геосистемы.

Другой путь реализации проектных решений – создание системы управления качеством геологической среды путем создания геологических условий или физико-химических и биохимических барьеров. Последние позволяют или затормозить, или предотвратить влияние негативных факторов, получая при этом новые характеристики среды. Учет анализа вещественного состава породных комплексов и состава поверхностных и подземных вод позволяет создавать концентрации других полезных компонентов и формировать новые месторождения. Такой подход реализуется на золотоносных месторождениях [1, 5, 6].

Появляется принципиально новая возможность управления степенью загрязнения поверхностных и подземных вод, предусмотренная в проектной документации и обоснованная расчетами фильтрационных потерь и разбавления вод. Существующий риск возникновения экологического неблагополучия в верхних звеньях речной сети минимален, поскольку гидробионты здесь немногочисленны и, как правило, не являются кормовой базой рыб. В условиях повышенной минерализации воды вполне могут существовать толерантные экосистемы.

Таким образом, чем больше численность элементарных водотоков, тем выше экологическое качество геосистемы, определяемое, в частности, динамикой круговорота вещества. Верхние участки речных бассейнов обладают максимальным промывным режимом и наиболее благоприятны для размещения объектов горнодобывающего комплекса. Объекты, являющиеся источниками фильтрации рассолов, следует размещать в нижней части приводораздельных склонов или на высоких надпойменных террасах, за пределами водоохранных зон рек.

Выводы

1. Выбор места размещения объектов горнодобывающего комплекса основан на фундаментальных положениях устойчивости природных систем, производится с учетом геосистем территории и позволяет минимизировать экологические риски при промышленном освоении территории.

2. Геосистемная структурная единица ландшафта, в пределах которой размещаются промышленные объекты горнодобывающего комплекса, является первым этапом анализа территории. В качестве объекта анализа следует использовать речной бассейн,

представляющий собой самостоятельную ландшафтно-геохимическую систему. Динамика потока веществ и устойчивость геосистемы в значительной мере определяют экологически безопасное размещение промышленных объектов.

3. Наиболее благоприятными для размещения объектов горнодобывающего комплекса являются верхние участки речных бассейнов, которые обладают максимальным промывным режимом и обеспечивают допустимые объемы фильтрации рассолов, что является основной задачей проектных решений по обеспечению экологической безопасности намечаемой деятельности.

Работа выполнена при финансовой поддержке со стороны Минобрнауки России в рамках базовой части государственного задания №2014/153 в сфере научной деятельности.

Список литературы

- 1 Генералов М.Е., Наумов В.А. Преобразования золота в техногенных россыпях и отвалах Урала // Уральский геологический журнал. 1998. № 4. С. 19-56.
- 2 Гродзинский М.Д. Экология ландшафтов. Киев, 1993.
- 3 Ефремова Т.Ф. Новый словарь русского языка. Толково-словообразовательный. 2000.
- 4 Караваева Т.И., Тихонов В.П. Геосистемное обоснование выбора границ территории проведения инженерно-экологических изысканий // Инженерные изыскания. 2012. № 11. С. 70-74.
- 5 Каченов В.И., Середин В.В., Карманов С.В. К вопросу о влиянии нефтяных загрязнений на свойства грунтов. Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2011. № 14. С. 164-165.
- 6 Наумов В.А. Концепция управления формированием месторождений на примере техногенных россыпей золота // Естественные и технические науки. 2010. № 2. С. 262-265.
- 7 Наумов В.А. Процессы формирования и распределения концентраций благородных металлов в техногенных россыпях и отвалах Урала // Горный журнал. 1994. № 8. С.39-50.
- 8 Середин В.В. К вопросу о прочности засоленных глинистых грунтов. Инженерная геология. 2014. № 1. С. 66-69.
- 9 Сивохин Ж.Т. Ландшафтно-экологические факторы гидрологического режима р. Урал / Экология речных бассейнов: труды 4-й междунар. науч.-прак. конф. Владимир, 2007. С. 33-36.
- 10 Середин В.В., Андрианов А.В. К вопросу о методике определения прочностных характеристик грунтов... Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. С. 946.
- 11 Тихонов В.П., Караваева Т.И. Геосистемная оценка экологических условий трассы линейного объекта при инженерно-экологических изысканиях // Инженерные изыскания.

2013. № 6. С. 62-66.

Рецензенты:

Осовецкий Б.М., д.г.-м.н., профессор кафедры минералогии и петрографии Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь;

Середин В.В., д.г.-м.н., профессор, заведующий кафедрой инженерной геологии и охраны недр Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь..