

Отзыв

официального оппонента на диссертационную работу Почечун Виктории Александровны «Региональный геоэкологический анализ природно-техногенной геосистемы горно-металлургического комплекса Среднего Урала», представленную на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.36 — Геоэкология (науки о Земле).

Представленная на оппонирование работа состоит из введения, заключения, списка литературы, включающего 279 наименований первоисточников и 4 глав содержательного текста, раскрывающих основное существо работы. Текстовая часть сопровождается 65 таблицами, 123 рисунками и содержит 322 страницы машинописного текста.

Актуальность выбранной темы сомнения не вызывает. В связи с высокой насыщенностью Среднего Урала горнопромышленными объектами, в которых совмещены процессы добычи, обогащения полезных ископаемых и пирометаллургии, в регионе происходят процессы изменения природной миграции микроэлементов, их накопления и трансформации в депонирующих средах.

Для анализа *фактического материала*, полученного автором в период с 2003 по 2012 гг., в работе использовано более 6000 проб количественного анализа халькофильных и сидерофильных элементов различных компонентов окружающей среды (почвообразующего горизонта, почв, снежного покрова, поверхностных вод, биоты). С целью установления фоновых концентраций элементов для тест-объекта исследована биохимия 500 проб *Drosophila melanogaster*, а в лабораторных условиях проанализировано несколько тысяч особей *Drosophila melanogaster* на разных этапах развития, а также несколько десятков особей мелких млекопитающих и рыб на разных индикационных показателях. Все это в совокупности предопределило достоверность, научную новизну и практическую значимость полученных результатов.

Несомненной *научной новизной работы* является: 1) обоснованы научно-теоретические и методические положения регионального геоэкологического анализа с целью оценки состояния ПТГС; 2) разработана структура и содержание анализа, а также процедура исследований экологической ситуации в рамках природно-техногенной геосистемы; 3) дана геоэкологическая оценка современного состояния компонентов окружающей среды под воздействием предприятий горнометаллургического комплекса Среднего Урала; 4) впервые установлены региональные фоновые концентрации для экологической тест-системы с использованием *Drosophila melanogaster* и доказана возможность использования данного тест – объекта для оценки экологического состояния

биологической составляющей геосистемы; 5) в качестве показателя устойчивости ПТГС использовано экологическое состояние мелких млекопитающих: 6) предложен метод и проведен расчет биогеохимического баланса, включающий приход, накопление и вынос загрязняющих элементов из отходов горно-металлургических предприятий в компоненты природной среды; 7) доказаны преимущество и экономическая эффективность использования биогеохимических барьеров для очистки поверхностных вод предприятий горно-металлургического комплекса (ГМК).

В качестве основных защищаемых положений автором сформулировано 4 тезиса. Прежде чем остановиться на обоснованности защищаемых положений диссертации, хотелось бы рассмотреть ряд замечаний. **Во-первых, в тексте диссертации отсутствуют защищаемые положения, и оппоненту приходится обращаться к тексту автореферата. Во-вторых, отсутствует глава по методике исследований и лабораторным методам исследований. Автор посчитал возможным изложить данный материал двумя абзацами на стр. 7 во введение. Этого не достаточно, потому что это очень важная составляющая для всей представляемой информации.**

Краткая характеристика глав диссертации. В первой главе приведен литературный обзор в области геоэкологической оценки состояния компонентов окружающей среды, а также в области системного подхода. *Во второй главе* представлена структура природно-техногенной геосистемы, как триада взаимосвязанных между собой частей. В данном случае рассматриваются природные элементы, характеризующиеся фоновыми концентрациями химических элементов в компонентах природной среды, а также техногенные элементы. *В третьей главе* рассматривается функционирование природно-техногенной геосистемы. В данном случае характеризуется поступление загрязняющих веществ в результате выбросов, сбросов и отходов. Все это оценено по экологической оценке снежного покрова. Кроме этого проведена оценка миграционной активности загрязняющих элементов. В качестве одного из информативных критериев показателя устойчивости рассмотрено экологическое состояние мелких млекопитающих. *В четвертой главе* рассмотрены пути возможного развития двух геосистем III уровня: меднорудной и железорудной.

Первое защищаемое положение: «Разработанный на основе системно-диалектической методологии региональный геоэкологический анализ базируется на изучении триады – структура, функционирование, развитие. Это позволяет логически выстроить оптимальный путь исследования природно-техногенной геосистемы ГМК, достоверно оценить ее экологическую ситуацию и принять эффективные управленческие решения». В данном положении рассматриваются

основные элементы системного подхода, используемые при изучении горно-металлургического комплекса, доказательство которого приводится в главе 1. Материал иллюстрируется рисунками (рис. 1.3 – 1.8).

Методологической основой исследования автором используется системно-диалектическая методология, включающая изучение триады: структуры, функционирования и развития. А в качестве основного вида анализа – региональный экологический анализ. Региональный геоэкологический анализ – это взаимосвязь структуры, функционирования и развития. В работе автор в качестве объекта исследований в русле системной методологии выбрала геосистему. Геосистема горно-металлургического комплекса Среднего Урала включает в себя геосистемы второго и третьего порядков. Объектом своих исследований соискатель выделяет геосистемы третьего уровня. Они рассматриваются как объект, включающий природную и техногенную составляющие. Применяемый системный подход, являясь теоретической основой, позволяет составить логическую цепочку исследований развития геосистемы, которая выстраивается следующим образом: система (изучаемый объект), далее подсистема (составляющие части системы, определяющие вид геосистемы), затем структура подсистемы (изучение основных элементов), функционирование (показатель направленности функционирования – устойчивость) и развитие (показатель направленности развития – экологическая обстановка). В защищаемом положении просматривается определенная логика, что в дальнейшем позволяет представлять материал в виде схем, которые увязываются с общей концепцией работы. *В данном случае возникают соответствующие вопросы. Автором представлена данная триада, но как она будет выдерживаться для всей территории горно-металлургического комплекса? По каким критериям подсистемы будут относиться к тем или иным компонентам триады – структура, функционирование и развитие? Каким образом устанавливаются границы между геосистемами третьего порядка?*

*Второе защищаемое положение: «Современное состояние окружающей среды формируется при взаимодействии природных и техногенных элементов структуры геосистемы, определяющих ее экологическую ситуацию, в качестве индикаторов которой можно использовать почвообразующий горизонт, отражающий общую геохимическую обстановку изучаемой геосистемы, и биологический тест-объект – *Drosophila melanogaster*, характеризующий экологическое состояние биоты»* обосновывается материалами, приведенными в главе 2. Материал сопровождается рисунками (рис. 2.1 – 2.53), таблицами (табл. 2.1 – 2.21) и текстом в объеме 98 страниц.

В данной главе детально изучены структуры природно-техногенной геосистемы III уровня. Установлено, что природная подсистема геосистемы III уровня с городами с развитыми меднорудной (Кировоград, Ревда, Первоуральск и др.) и железорудной (Нижний Тагил) отраслями промышленности формируется в тесной связи с особенностями геологического развития региона, которое определило особенный природный геохимический фон. Были установлены фоновые концентрации химических ингредиентов в природных элементах структуры, которые обусловлены специфическим геологическим развитием региона (Fe, Mn, V, Cu, Pb, Zn, As). Доказано на фактическом материале, что в качестве индикатора современного экологического состояния природных элементов может выступать почвообразующий горизонт. *Впечатляют детальные исследования проведенные с Drosophila melanogaster с использованием тысяч личинок и для разных концентраций CuSO₄.* По результатам исследования доказано воздействие металлов на биологический тест-объект *Drosophila melanogaster* с проявлением мутагенного эффекта при тех же концентрациях, что и санитарно-гигиенические ПДК. Детальное изучение предприятий горно-металлургического комплекса Среднего Урала и их ранжирование по видам и интенсивности загрязнения показывает на присутствие в геосистемах ассоциаций загрязняющих компонентов как для меднорудного ГМК (Cu, Pb, Zn, As), так и для предприятий железорудного ГМК (Fe, Mn, V). Доказано, что современное состояние меднорудной и железорудной геосистем III уровня определяется высоким содержанием изучаемых химических элементов во всех компонентах окружающей среды, включая природные воды, почвы, растения и живые организмы. Общей особенностью для всех компонентов окружающей среды по всем изучаемым химическим элементам является четкое увеличение их концентраций по мере приближения к техногенным источникам загрязнения.

К материалам данного защищаемого положения есть замечания и вопросы, на которые оппонент не смог найти ответы по тексту. Во-первых, автор отмечает в своей работе (стр. 77), что было отобрано 50 проб почвообразующего горизонта с глубины 1 метр. Каким образом проводилось опробование? На всю глубину по разрезу с объединением пробы или по почвенным горизонтам? Во-вторых, автор приводит значения по почвам и сопоставляет с ПДК. Предельно допустимые концентрации для почв устанавливается по ряду элементов для подвижных форм (Cu – 3; Zn – 23), а в работе приводятся иные цифры. Возможно, для цинка используются значения ориентировочно допустимые концентрации (ОДК), тогда и надо на это ссылаться. При отборе проб растительности (береза бородавчатая) остался не ясным следующий момент. После отбора растительности проба промывалась и

*высушивалась, затем измельчалась и доставлялась в лабораторию (стр. 132). В процессе всего этого мне не ясно, а было ли проведено взвешивание проб в сыром и сухом состояниях для последующего анализа? Соискатель также отмечает, что растительные пробы затем в лаборатории подвергались количественному и спектральному анализу (стр. 132). В данном случае, что хотел отметить автор? Это один метод анализа или их несколько? В разделе лабораторные работы (стр. 133) и в таблице 2.20 автор приводит подробную характеристику применяемых методов атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и атомно-абсорбционный анализ, но только для природных вод и почв. А где растительность, снеговой покров и биологические объекты? На рисунках 2.45 и 2.46 приводятся данные распределения меди и цинка в растениях по площади, вот только не понятно. Эти данные для объединенных проб листьев и веток березы, как отмечается на странице 141? Если да, то как можно объединять данные биосубстраты растений в одну пробу с методических позиций? При площадном отборе проб *Drosophila melanogaster* использовались ловушки (стр. 132). Какое время находились ловушки на месте, чтобы получить достаточное количество материала (40 – 60 г) для исследований (стр. 132).*

Третье защищаемое положение: «Техногенное поступление и миграция загрязняющих веществ в результате функционирования геосистемы способствует накоплению загрязняющих элементов в компонентах ГС и ведет к изменению как устойчивости биотической составляющей (это подтверждается ухудшением экологического состояния мелких млекопитающих на всех уровнях: ценоотическом, популяционном и организменном), так и геосистемы в целом (о чем свидетельствуют результаты расчета биогеохимического баланса)».

Материалы защищаемого положения приводятся в третьей главе и характеризуются рисунками (рис. 3.1 – 3.21), а также таблицами (табл. 3.1 – 3.21).

Фактические материалы представлены по материалам изучения железорудных (Гороблагодатское, Естюнинское, Лебяжинское и Высокогорское) и меднорудных (Волковское, Ломовское, Корпушихинское и Белореченское) месторождений, обогатительных фабрик (Салдинское, Качканарское и Сорьинское) промышленных предприятий (ОАО «Алапаевский металлургический завод» и др.). Функционирование природно-техногенной геосистемы III уровня представляет процесс, состоящий из трех взаимосвязанных частей. В первой части происходит постоянное и интенсивное **поступление** загрязняющих веществ в природно-техногенную геосистему в результате

выбросов, сбросов и образования отходов от предприятий горно-металлургического комплекса. Индикатором такого накопления может служить снежный покров, характеризующий степень воздействия техногенных элементов на окружающую среду. Во второй части происходит миграция загрязняющих веществ в геосистеме. Анализ показал высокую миграционную способность загрязняющих элементов в геосистеме, которую можно проследить по цепочке: техногенное поступление – абиотические – смешенные – биотические компоненты. В третьей части фиксируется изменение устойчивости геосистемы за счет постоянного и интенсивного поступления загрязняющих веществ, а также их миграции внутри геосистемы. В данном случае из наиболее информативных показателей устойчивости природно-техногенной геосистемы является состояние биоты. По оценке состояния мелких млекопитающих в районе воздействия крупного металлургического предприятия происходит деградация живых организмов по всем биологическим показателям. В работе выявлен механизм устойчивости природно-техногенной геосистемы с помощью биогеохимического баланса. Биохимический баланс показал, что наибольшая часть загрязняющих веществ депонируется в растительности и живых организмах, в меньшей степени в почвах. Из остальных же компонентов окружающей среды (снежный покров, подземные и поверхностные воды) происходит интенсивный вынос загрязняющих веществ в соседние геосистемы подземным и поверхностным стоком. В защищаемом положении приводится добротный материал, который хорошо иллюстрируется рисунками и таблицами. Приводятся корреляционные матрицы и рассчитаны корреляционные зависимости меди в различных компонентах окружающей среды. Оценено состояние мелких млекопитающих, включающих преимущественно мышевидных грызунов и насекомых, в окрестностях Первоуральско-Рединского промузла. *Рассчитанный биохимический баланс может подвергаться критике, но несет смысловую составляющую и может быть использован для принятия природоохранных управленческих решений. В данном случае очень трудно все учесть, но автор попыталась все свести в одну формулу и это ее заслуга.*

Четвертое защищаемое положение: «Направление развития геосистемы зависит от накопления в ее элементах загрязняющих веществ. При отсутствии нормативных значений загрязнителей нормирование может проводиться по критерию оценки, использующего как предельно допустимые, так и фоновые концентрации. При длительном превышении нормативов формируется неблагоприятная экологическая ситуация. В этом случае для обеспечения развития

геосистемы в сторону прогресса необходимо ею управлять, что связано с внедрением экологически и экономически эффективных природоохранных мероприятий – биогеохимических барьеров и системного организованного мониторинга».

Материалы защищаемого положения приводятся в четвертой главе и характеризуются рисунками (рис. 4.1 – 4.37) и таблицами 4.1 – 4.20.

Развитие природно-техногенной геосистемы зависит от ее структуры и функционирования, которые в свою очередь определяют сложившуюся экологическую ситуацию. В результате развития природно-техногенной геосистемы происходит переход ее в качественно новое состояние, где возникают новые или уничтожаются старые элементы структуры и, соответственно, повышается или уменьшается эффективность ее функционирования.

Автором детально разбираются нормативные показатели (ПДК) и фоновые характеристики. Действительно для изучаемых территорий естественные геосистемы имеют фоновые характеристики, в некоторых случаях превышающие предельно допустимые концентрации. Какими характеристиками пользоваться? Диссертант нашел выход из данной ситуации и предложил **критерий оценки (КО)**, который, в зависимости от обстоятельств, позволяет использовать и ПДК, и фон.

Обстоятельные эколого-гидробиологические исследования проведены для Южного залива Северского водохранилища. В задачи работы входило изучение видового состава, развития некоторых структурно-функциональных характеристик рыб и состояния среды их обитания. Содержание меди определялось в костной ткани рыб. Было изучено 6 видов рыб, относящихся к 3 семействам. Наибольшим числом видов представлены карповые: лещ, плотва, карась и язь. Окуневые и щуковые представлены по 1 виду (щука и окунь речной). Загрязнение Южного залива Северского водохранилища явилось основной причиной появления токсикантов и нарушений развития у рыб. Проведенное обследование позволяет говорить если не об экологическом бедствии, то о его неблагоприятном экологическом состоянии.

Интересные материалы представлены по самоочищающей способности Железянского залива Северского водохранилища. Самоочищающая способность залива проанализирована по 4 основным загрязняющим ингредиентам – сульфаты, цинк, медь и железо. Самоочищение вод Железянского залива происходит вследствие протекания физико-химических и химических процессов, переводящих соединения элементов (медь, кадмий, цинк, свинец и др.) в нерастворимое состояние и депонирующих в донных отложениях. Отмечается также роль высшей водной растительности поглощать из воды значительное количество ионов, например меди, депонируя их в биомассе без

последующего вторичного загрязнения. По результатам исследований установлено, что в Железянском заливе созданы естественные условия, которые говорят о возможности создания здесь биохимического барьера, который будет выполнять роль очистного сооружения на пути локализованных стоков. Однако для создания биохимического барьера и усиления эффекта самоочищения необходимо внедрение водной растительности и усиление ее роли в процессе самоочищения. Интересные материалы получены в процессе эксперимента на ботанической площадке при летне-осенних сезонах. В качестве растения использовались рогоз узколистый и хвощ болотный. Результаты экспериментов свидетельствуют, что полнее и быстрее других компонентов снижается концентрация железа. Медь хорошо утилизируется в процессе контактирования вод с высшей водной растительностью. Благополучно обстоит дело с мышьяком, конечная концентрация которого после экспозиции не превышает ПДК. В целом исследования работы полупромышленной ботанической площадки по очистке воды в весенне-осенний сезон говорят о высокой эффективности предлагаемого метода регулирования качества воды. Достигается стабильное снижение концентрации компонентов до уровней, соответствующих требованиям, предъявляемым к воде водных объектов питьевого и общесанитарного назначения.

Представленные материалы данного защищаемого положения хорошо иллюстрируются, сопровождаются обилием фактического материала и замечаний не вызывают.

Практическая значимость работы определяется новым вкладом в познание природно-техногенной геосистемы горно-металлургического комплекса Среднего Урала. Разработанные в работе методические приемы оценки геосистем использованы при исследовании территорий по заказам предприятий горно-металлургического комплекса Свердловской области (ОАО «Среднеуральский медеплавильный завод», ОАО «Нижнетагильский металлургический комбинат», ОАО «Уралгидромедь», ОАО «Кировоградский медеплавильный комбинат»). Моделирование в лабораторных условиях биогеохимических барьеров, позволило в настоящее время проводить внедрение биогеохимических барьеров на предприятии ОАО «Уралгидромедь».

Кроме этого, материалы могут быть использованы в образовательном процессе для студентов экологического, геоэкологического и геохимического направлений в лекционных курсах «Геоэкология», «Экологический мониторинг», «Промышленная экология» и др.

Несмотря на имеющиеся замечания, общее впечатление от работы весьма хорошее. Автором выполнена добротная, хорошо спланированная, полностью завершенная научная

квалификационная работа. Соискатель сделал серьезный шаг в анализ природно-техногенной геосистемы горно-металлургического комплекса Среднего Урала. Приведенный материал достаточно убедителен и выводы обоснованы.

Автореферат диссертации полностью отражает как содержание самой работы, так и сущность защищаемых положений. Основное содержание работы и защищаемых положений отражено в опубликованных работах. Список опубликованных работ по теме диссертации включает 43 работы, из которых 12 опубликованы в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК, а также 4 монографии в соавторстве.

Представленная к защите квалификационная работа является самостоятельным законченным научным исследованием, имеющим как научное, так и практическое значение.

Исходя из вышеизложенного, считаю, что в соответствии с критерием, установленным «Положением о присуждении ученых степеней» ВАК РФ (пункт 9), диссертация на соискание ученой степени доктора наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором многолетних исследований состояния элементов природно-техногенной геосистемы территории Среднего Урала решена крупная научная проблема эколого-геохимической оценки районов со сложной техногенной нагрузкой, которая имеет важное социально-экономическое и хозяйственное значение для развития теоретических положений и решения практических задач в области геоэкологии, а ее автор Почечун Виктория Александровна заслуживает присвоения ей степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология (науки о Земле).

Официальный оппонент, доктор геолого-минералогических наук,
профессор, заведующий кафедрой геоэкологии и геохимии
Национального исследовательского
Томского политехнического университета
634050, г.Томск, пр. Ленина, 30
Раб. тел. (382)-60-61-99; yazikoveg@tpu.ru

Е.Г. Язиков

15 сентября 2014 г.

Подпись Язикова Егора Григорьевича заверяю.
Ученый секретарь Ученого совета
Национального исследовательского
Томского политехнического университета.



О.А. Ананьева