

Министерство образования и науки Кыргызской Республики
Кыргызский государственный университет им. И. Арабаева
Ошский государственный университет

Диссертационный совет Д. 25.15.515

На правах рукописи
УДК 502.5: 504 (470.5)

Почечун Виктория Александровна

**РЕГИОНАЛЬНЫЙ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ ГЕОСИСТЕМЫ
ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА
СРЕДНЕГО УРАЛА**

25.00.36 – Геоэкология (географические науки)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора географических наук

Бишкек – 2016

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» на кафедре гидрологии и охраны водных ресурсов и федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Уральский государственный горный университет» на кафедре геоэкологии

Научный консультант: доктор географических наук, профессор
Двинских Светлана Александровна

Официальные оппоненты:

Мамыров Эрнес Мамырович, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией Института сейсмологии Национальной академии наук Кыргызской Республики.

Чибилёв Александр Александрович, член-корреспондент Российской академии наук, доктор географических наук, профессор, директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт степи Уральского отделения Российской академии наук.

Рассказова Надежда Степановна, доктор географических наук, профессор, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный национальный исследовательский университет».

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Курский государственный университет»

Защита состоится 14 мая 2016 г. в 10:00 на заседании диссертационного совета Д 25.15.515, созданного на базе Кыргызского государственного университета им. И. Арабаева и Ошского государственного университета, по адресу: 720026, Кыргызская Республика, г. Бишкек, ул. Раззакова, 51, ауд. 310- конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке КГУ им. И. Арабаева по адресу: 720026, Кыргызская Республика, г. Бишкек, ул. Раззакова, 51.

Автореферат разослан «13» апреля 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат географических наук, доцент

Молдошев К.О.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Добыча и переработка минерально-сырьевых ресурсов по-прежнему является базальтернативной основой существования цивилизации на современном этапе и одновременно источником ее экологических проблем. Несмотря на широкомасштабные экономические реформы в России тенденции техногенного и природоемкого развития экономики сохраняются. Однако на современном этапе развития отечественной экономики наблюдается возросший интерес к решению экологических проблем.

В современных условиях на основе требований устойчивого развития территорий с развитым горно-металлургическим комплексом (ГМК), таких как Средний Урал, в целях обеспечения экологической безопасности востребованной и актуальной является проблема разработки методологических основ регионального геоэкологического анализа окружающей среды, базирующегося на системно-диалектическом подходе.

Результаты исследований В.Б. Сочавы, А.Д. Арманда, Н.Ф. Реймерса, А.Г. Исаченко, А.В. Позднякова, Т.М. Чодураева, А.Г. Низамиева, Б.В. Ряшко, Т.П. Девятковой, С.А. Двинских и других ученых в области системного подхода позволяют предположить, что геоэкологический анализ должен рассматривать окружающую среду, находящуюся под воздействием горно-металлургического комплекса, как природно-техногенную геосистему (ПТГС) III уровня, характеризующуюся структурой, функционированием и развитием, которые определяются региональными особенностями.

Цель работы заключается в разработке методологических основ геоэкологического анализа, используемого при решении региональных проблем управления и экологической оптимизации ПТГС, находящейся под воздействием предприятий ГМК.

Основные задачи:

1. Обоснование использования системно-диалектического подхода как методологической основы регионального геоэкологического анализа.
2. Изучение структуры ПТГС с позиции регионального геоэкологического анализа, включающего изучение природных и техногенных элементов и характеристику современного состояния структуры.
3. Характеристика и анализ функционирования ПТГС, включающего поступление и миграцию загрязняющих веществ в геосистему и, как следствие, изменение ее устойчивости.
4. Разработка управленческих решений по оптимизации экологического состояния ПТГС на основе анализа ее возможного развития.

Научная новизна:

1. Обоснованы научно-теоретические и методические положения регионального геоэкологического анализа с целью оценки состояния ПТГС.
2. Предложен ряд новых трактовок понятий: региональный геоэкологический анализ, критерий оценки загрязнения окружающей среды, природно-техногенная геосистема ГМК, меднорудная геосистема III уровня, желе-

зорудная геосистема III уровня.

3. Разработаны структура и содержание анализа, а также процедура исследований экологической ситуации в рамках природно-техногенной геосистемы.

4. Дана геоэкологическая оценка современного состояния компонентов окружающей среды под воздействием предприятий ГМК Среднего Урала.

5. Впервые установлены региональные фоновые концентрации для экологической тест-системы *Drosophila melanogaster* и доказана возможность использования данного тест-объекта для оценки экологического состояния биологической составляющей геосистемы.

6. В качестве показателя устойчивости ПТГС использовано экологическое состояние мелких млекопитающих.

7. Предложен метод и проведен расчет биогеохимического баланса, включающий приход, накопление и вынос загрязняющих элементов из отходов горно-металлургических предприятий в компоненты природной среды (атмосферный воздух, природные воды, почвы, почвообразующий горизонт, биоту).

8. Предложен критерий оценки экологической ситуации ПТГС.

9. Доказаны преимущество и экономическая эффективность использования биогеохимических барьеров для очистки поверхностных вод предприятий ГМК.

Практическая значимость.

Теоретические разработки и практические рекомендации автора используются на предприятиях ГМК (ОАО «Среднеуральский медеплавильный завод» («СУМЗ»), ОАО «Нижнетагильский металлургический комбинат» («НТМК»), ОАО «Уралгидромедь», ОАО «Кировградский медеплавильный комбинат» («КМК»). В настоящее время ведется внедрение биогеохимических барьеров на предприятии ОАО «Уралгидромедь». Получены 3 Патента. Результаты исследований компонентов окружающей среды используются в Министерстве природных ресурсов и экологии Свердловской области, Росприроднадзоре по УрФО, научно-исследовательских институтах, занимающихся проблемами экологии.

По теме исследований изданы три учебных пособия, которые используются в курсах лекций по общей экологии, промышленной экологии и геоэкологии.

Защищаемые положения.

1. 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.

2. 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.

3. 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), так и геосистемы в целом (о чем свидетельствуют результаты расчета биогеохимического баланса).

4. 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.

5. Геохимическое районирование территории является основой для организации системного мониторинга за экологическим состоянием геосистемы. Системно организованный мониторинг позволяет прогнозировать пути возможного развития геосистемы и как следствие управлять ею – разрабатывать и внедрять эффективные природоохранные мероприятия.

Личный вклад автора:

1. Разработка регионального геоэкологического анализа.
2. Разработка программ полевых исследований в рамках хозяйственных работ: «Мониторинг компонентов окружающей среды Кировградского промузла», «Проведение экологического мониторинга компонентов окружающей среды зоны воздействия ОАО «Среднеуральский медеплавильный завод», «Разработка Проекта экологического мониторинга на ОАО «СУМЗ», «Мониторинг экологического состояния компонентов окружающей среды района размещения объектов складирования отходов ОАО «НТМК», «Разработка Программы экологического мониторинга за состоянием окружающей среды в районе размещения объектов складирования отходов ОАО «НТМК», «Проведение предпроектных работ для подготовки проекта реконструкции верхнего участка южного рукава Северского водохранилища в водоем инженерно-биологической очистки стока р. Железянки и производственных вод предприятия «Уралгидромедь», с учетом предложенного регионального геоэкологического анализа.
3. Участие в полевых и лабораторных работах, камеральной и статистической обработке материалов.
4. Теоретическое обобщение и систематизация данных, увязка сложившейся экологической ситуации с технологическими особенностями предприятий ГМК.
5. Расчет биогеохимического баланса, экологической и экономической

эффективности использования биогеохимических барьеров, картографирование результатов исследований.

6. Моделирование в лабораторных условиях биогеохимических барьеров.

7. Выявление региональных фоновых концентраций загрязняющих элементов для живых организмов (*Drosophila melanogaster*), путем разработки методов биотестирования.

Апробация и публикации.

Основные положения диссертационного исследования обсуждены на: научно-практических конференциях «Уральская горнопромышленная декада», Екатеринбург, 2003, 2004, 2005; Международной научно-практической конференции «Геодинамика и геологические изменения в окружающей среде северных регионов», Архангельск, 2004; Международной научно-практической конференции «Экология фундаментальная и прикладная», Екатеринбург, 2005; годичных сессиях Научного совета РАН «Сергеевские чтения», Москва, 2006, 2007, 2009; I Уральском международном экологическом конгрессе «Экологическая безопасность горнопромышленных регионов», Екатеринбург, 2007; XI Международной конференции «Экология и развитие общества», Санкт-Петербург, 2008; Международной научно-практической конференции «Современные проблемы водохранилищ и их водосборов», Пермь, 2009; Всероссийской научной конференции «Современные проблемы биомониторинга и биоиндикации», Киров, 2010; II Уральском международном экологическом конгрессе «Экологическая безопасность промышленных регионов», Екатеринбург – Пермь, 2011, Международной конференции «Развитие наук о Земле в Кыргызстане: состояние, проблемы и перспективы», Бишкек, 2015.

По теме диссертации подготовлены и опубликованы 52 работы, из них 5 монографий, 3 учебных пособия, 5 статей в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Кыргызской Республики, 13 статей в ведущих журналах из Перечня рецензируемых научных изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации для опубликования основных научных результатов диссертаций.

Структура и объём работы.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 279 наименований. Работа изложена на 310 страницах текста, содержит 120 рисунков, 58 таблиц.

Автор выражает благодарность и признательность научному консультанту доктору географических наук, профессору, заведующей кафедрой гидрологии и охраны водных ресурсов ПГНИУ С.А. Двинских, доктору геолого-минералогических наук, профессору, заведующему кафедрой геоэкологии УГГУ А.И. Семячкову за научные консультации и большую помощь в выполнении работы, а также доктору технических наук, профессору, заведующему лабораторией рационального использования водных ресурсов РосНИИВХ А.Н. Попову за поддержку.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В первой главе «Геоэкологические исследования: теория и практика» обоснована возможность изучения экологического состояния компонентов окружающей среды, находящихся под воздействием предприятий ГМК, как природно-техногенной геосистемы III уровня.

В XX веке системная методология сформировалась как научная теория. Это связано с необходимостью изучения сложноорганизованных систем, включающих техногенные и природно-техногенные системы, которые требуют иных методов изучения и управления, нежели природные системы. Наилучшим способом постановки и решения задач в области исследования природно-техногенных систем разного масштаба, с разнообразным сочетанием природно-естественных и техногенных факторов является системный подход.

В нашем понимании системный подход, являясь теоретической основой, определяет путь и логику исследований, помогает конструировать объект исследований и выявляет те основные факторы, которые определяют сущность и закономерности функционирования системы.

В качестве одного из объектов исследований системная методология использует геосистему (ГС). В настоящее время не существует ни единой трактовки понятия «геосистема», ни общепринятой классификации ГС. Вероятно, это связано с тем, что исследователи, ставя перед собой какую-то цель, конструируют удобный для ее реализации объект исследований. Ясно одно, что этот объект, представляющий научную абстракцию, должен иметь пространственную определенность, его границы должны совпадать с территориальным расположением изучаемого объекта (рис. 1).

К этому «вырезанному» объекту должны быть применены системные методы исследования. А от того, какую структурную сущность этого объекта будем изучать, зависит выбор той или иной классификации, которая отражает его иерархическую структуру. Геосистема ГМК Среднего Урала включает в себя ГС II и III уровней. ГС II уровня представлены меднорудным и железорудным ГМК, а III уровня – территориями расположения промышленных предприятий, относящихся к меднорудному и железорудному ГМК (рис. 1). Объектом наших исследований являются ГС III уровня.

Известно, что системный подход реализуется через различные виды анализа (системный, социально-экономический, структурно-функциональный и т.д.), в зависимости от поставленной цели исследования. В.Б. Ряшко в рамках системного подхода разработана системно-диалектическая методология (СДМ), которая реализуется через изучение триады взаимосвязанных между собой частей: структуры, функционирования, развития.

Логическую цепочку исследования развития ГС можно представить следующим образом:

ГС (изучаемый объект) подсистемы (составляющие части ГС, определяющие вид ГС) → структура подсистем (изучение основных природных и техногенных элементов) → функционирование (показатель направленности

функционирования - устойчивость) → развитие (показатель направленности развития – экологическая обстановка).

Объекты нашего исследования по физико-географическому районированию расположены в низкогорной полосе Среднего Урала и Восточных предгорьях Урала, в пределах месторождений рудных полезных ископаемых (Ломовско-Карпушихинское, Левиховское, Ежовское рудные поля, Гумешевское месторождение медистых глин, Высокогорское железорудное месторождение) (рис. 1). Они рассматриваются нами как ПТГС, имеющие пространственные границы, определенные базисом – крупными горнодобывающими и перерабатывающими металлургическими предприятиями: ОАО «КМК», ОАО «СУМЗ», ОАО «Уралгидрмедь», ОАО «НТМК». Каждая изучаемая ПТГС относится к классу природно-техногенных геосистем. Она представлена двумя подсистемами: природной и техногенной.



Рисунок 1–Иерархическое строение изучаемой ГС и расположение районов исследования

Структура природной подсистемы включает элементы природной среды: атмосферный воздух, почвы, природные воды, биоту. По сути, речь идет о ГС, которую можно отождествлять с биогенным ландшафтом. Согласно А.И. Перельману, биогенные ландшафты – это сложные биокосные системы, в которых почва, кора выветривания, континентальные отложения, грунтовые и поверхностные воды, растительность, животный мир, приземный слой атмосферы тесно между собой связаны миграцией атомов и образуют единое целое. Так формируется естественный фон.

Техногенная подсистема – предприятия меднорудной и железорудной промышленности. Они формируют техногенные потоки вещества, которые благодаря наличию связей поступают в компоненты природной подсистемы и

определяют ее функционирование в определенный момент времени. Функционирование изменяется во времени. В результате этого происходит изменение устойчивости ПТГС.

Под устойчивостью мы понимаем сохранение естественного состояния ГС при внешнем воздействии на нее. Устойчивость меняется в зависимости от поступления и миграции вещества в системе. Поступление и расходование вещества осуществляется через прямые и обратные связи. Если обратные связи менее сильны, чем прямые, то есть преобладает приток вещества, то в этом случае выявить роль прямых и обратных связей можно с помощью био-геохимического баланса. В связи с тем, что баланс никогда не равен нулю, устойчивость будет постоянно меняться. Смена устойчивости, а следовательно, и функционирования во времени и характеризует развитие ГС. Если баланс отрицательный, то ГС развивается в сторону истощения, а если положительный, то в сторону загрязнения.

Если через a_i обозначить элементы ГС, через b_i – связи в ней, а через t_i – время, то структура ГС ($Ус$) условно будет описана уравнением: $Ус=f(a_i)$; функционирование $Уф=f(a_i, b_i)$; развитие $Ур=f(a_i, b_i, t_i)$. Как видим, изучение развития ПТГС должно включать исследование и структуры, и функционирования.

Под *структурой* мы понимаем совокупность элементов подсистем – природной (атмосферный воздух, почва, природные воды, биота, естественный (фоновый) химический облик которых формируется в тесной связи с геологическим строением территории – геохимическим составом пород и руд) и техногенной (отходы промышленных предприятий ГМК, определяющие приток в геосистему химических ингредиентов техногенного происхождения). При взаимодействии элементов этих подсистем возникают природно-техногенные элементы, характеризующиеся отличным от фонового химическим составом (современное состояние окружающей среды) (рис. 2).

Функционирование представляет собой процесс, обусловленный постоянным поступлением химических ингредиентов в ПТГС в результате выбросов предприятиями загрязняющих веществ в атмосферу, сбросов сточных вод и образования отходов, миграцией загрязняющих ингредиентов и как следствие, изменением устойчивости ПТГС (рис. 2).

Развитие ПТГС зависит от ее структуры и функционирования, которые в свою очередь определяют сложившуюся здесь экологическую ситуацию. В зависимости от складывающейся экологической ситуации ГС может развиваться как в сторону регресса, так и в сторону прогресса. Чтобы не допустить деградации ГС, необходимо ею управлять, что связано с проведением природоохранных мероприятий (рис. 2).

Изучение представленной триады и является сутью *регионального гео-экологического анализа*, под которым мы понимаем логически выстроенный оптимальный путь исследования, учитывающий региональные особенности формирования экологического состояния ПТГС, знание которого необходимо для принятия управленческих решений.

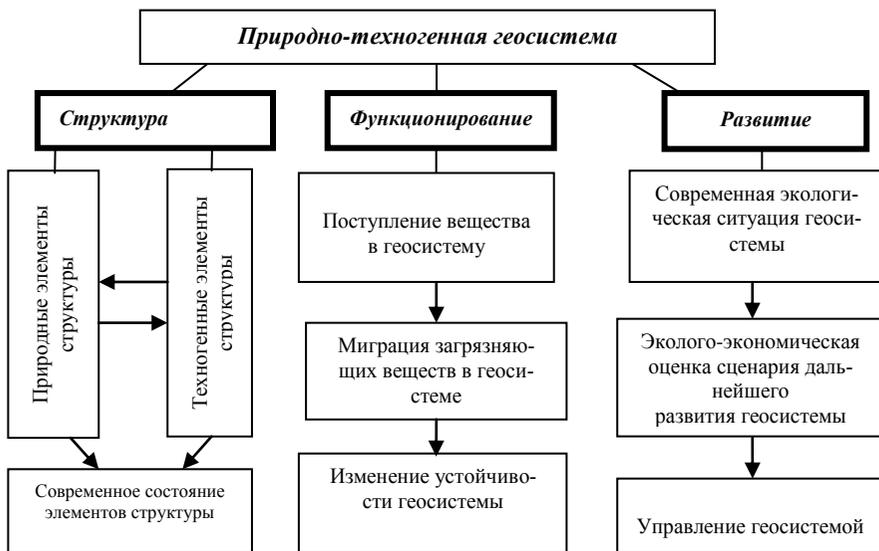


Рисунок 2– Необходимая триада частей ПТГС

Одним из основных законов СДМ является закон координации (единство и взаимосвязь между однопорядковыми элементами ГС) (С.А. Двинских и др., 1992). ГС III уровня (рис. 1) находятся на одном иерархическом уровне, поэтому к ним может быть применен закон координации, исходя из которого и из имеющейся информации, структура данной ГС рассматривается на примере территории ОАО «КМК», ОАО «СУМЗ», функционирование – на примере ОАО «СУМЗ», ОАО «НТМК», развитие – на примере ОАО «Уралгидромедь», ОАО «НТМК». Данные предприятия по своим технологическим процессам, природным условиям, типу природопользования являются аналогами, поэтому если недостаточно информации для одного предприятия, например по функционированию или развитию, мы можем воспользоваться имеющейся информацией другого аналогичного предприятия, где имеются необходимые данные.

Во второй главе «Структура природно-техногенной геосистемы III уровня» представлена структура ПТГС как триада взаимосвязанных между собой частей: элементы природной подсистемы, которые формируются в тесной связи с геологическим строением, обуславливающим фоновые концентрации химических элементов в компонентах природной среды: атмосферном воздухе, почвах, природных водах, биоте, а также элементы техногенной подсистемы (промышленные предприятия ГМК). При взаимодействии этих подсистем возникает ПТГС (современное состояние компонентов окружающей среды) (рис. 2).

Природные элементы структуры ГМК изучены на примере Кировградского промузла, характеризующегося типовой для Среднего Урала геохимической спецификацией пород и руд, обусловленной наличием здесь Ломовско-Карпушихинского, Левиховского и Ежовского рудных полей.

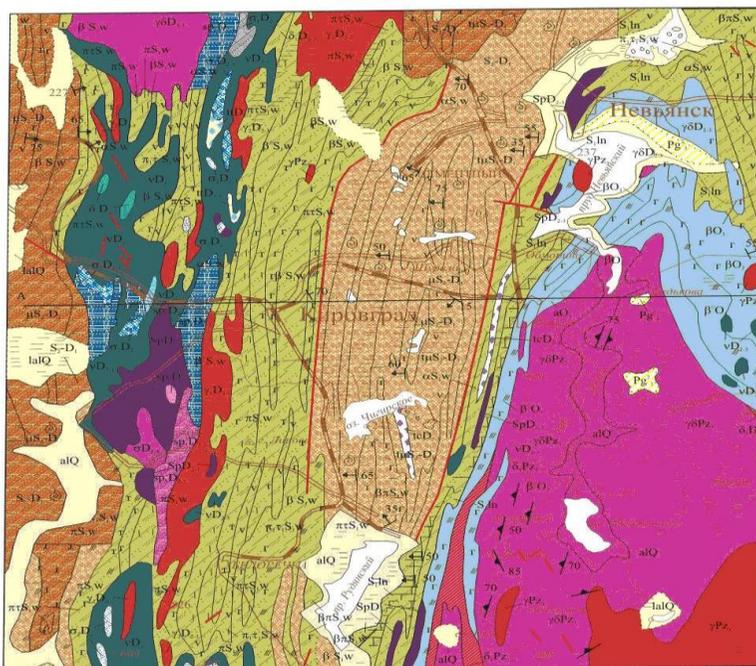
В геолого-структурном отношении исследуемый район располагается в Тагило-Магнитогорском синклинии, являющемся составной частью Главной эвгеосинклинальной зоны Урала. Колчеданные месторождения в Кировградском промузле приурочены к полосе вулканогенных и осадочных пород силур-раннедевонский возраста (S-D₁). По составу руд они относятся к медным и медно-цинковым. Рудные тела здесь имеют крутое (50-70°) падение. Рассланцевание вмещающих пород обычно сопровождается метасоматической сульфидной вкрапленностью, характерной для среднеуральских месторождений. Интрузивные горные породы района представлены двумя различными формациями: габбро-перидотитовой и гранитной. Первая из них объединяет комплекс пород Тагильского и Тагило-Невьянского массивов, вторая представлена кислыми интрузивными породами Верх-Исетской интрузии (рис. 3).

Фоновые концентрации химических элементов определялись по их содержанию в почвообразующем горизонте, не затронутом техногенными процессами, и в живых организмах (*Drosophila melanogaster*).

Для определения фоновых концентраций химических элементов в почвообразующем горизонте нами на территории Кировградского промузла отобрано и проанализировано 25 проб почвообразующего горизонта. Пробы были отобраны на глубине 1 м (рис. 4). При оценке экологического состояния почвообразующего горизонта в качестве критериев использовались ПДК для почв.

Максимальные концентрации меди наблюдаются в центральной части территории, где в пределах выделенного ареала ее значения находятся в интервале от 10 до 70 ПДК (рис. 5). Из схемы видно, что максимально высокие концентрации меди в почвообразующем горизонте не приурочены к источнику техногенного воздействия (ОАО «КМК»), поэтому можно утверждать, что распределение концентраций элементов в почвообразующем горизонте зависит от естественной геохимии пород и руд района.

Таким образом, проведенные исследования природных компонентов структуры показали, что естественное фоновое содержание химических элементов в изучаемой ПТГС в несколько раз превышает ПДК, что зависит от региональных особенностей района (геологического строения, определяющего содержание и геохимическое распределение химических элементов в породах и рудах). Это согласуется с исследованиями Л.И. Сипливых и др., 1973, Г.А. Вострокнутова, 1991, которыми выявлен набор элементов Cu, Zn, Pb, As, Cd, имеющих повышенные концентрации, по сравнению с другими регионами России и ПДК. Это позволяет предположить, что в качестве индикатора экологического состояния возможно использовать почвообразующий горизонт, отражающий общую геохимическую обстановку изучаемой геосистемы.

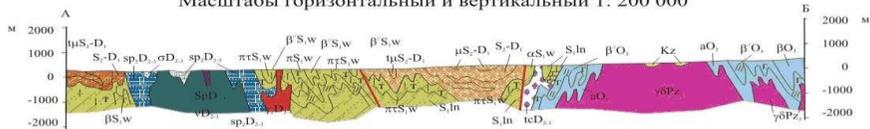


Составлено по материалам Соболева И.Д., 1960 г.

1: 200 000
В 1 см 2 километра

РАЗРЕЗ ПО ЛИНИИ А-Б

Масштабы горизонтальный и вертикальный 1: 200 000



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

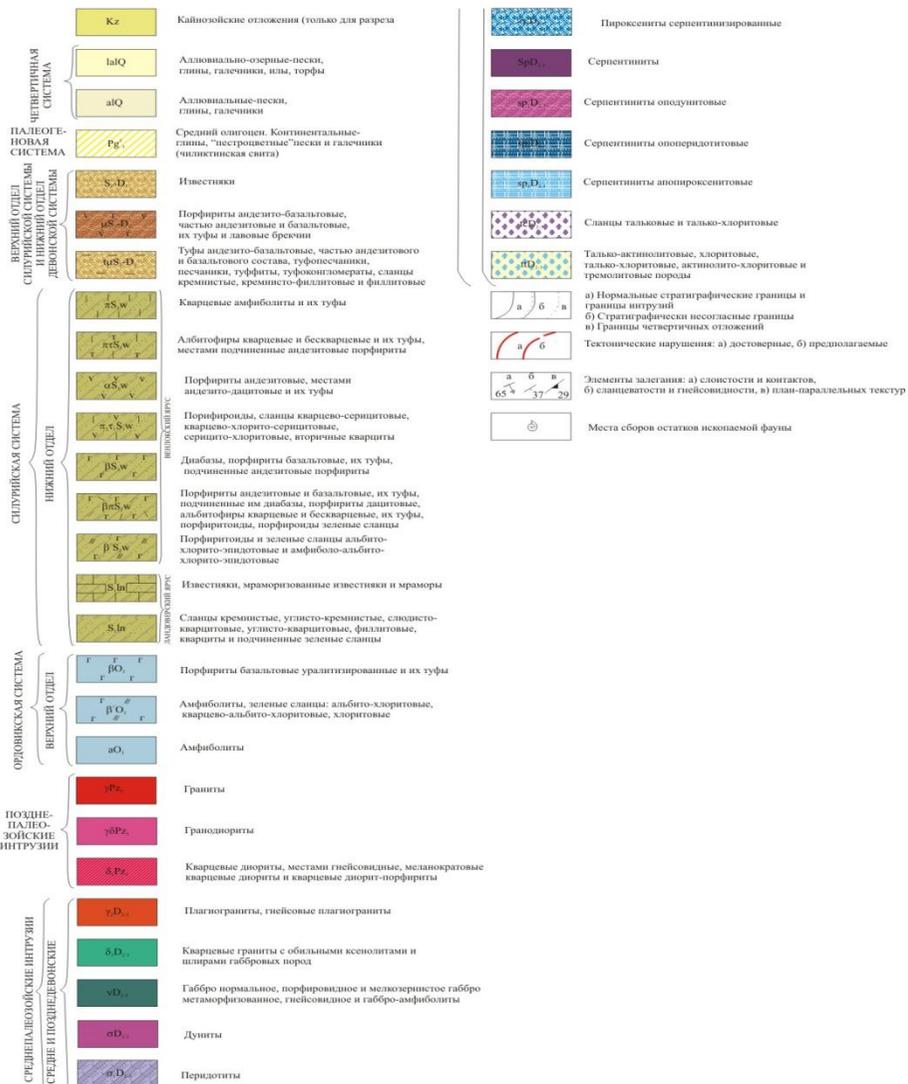
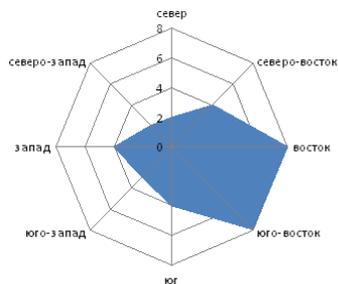
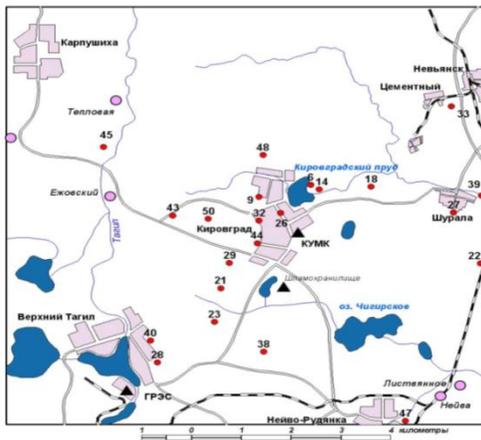


Рисунок 3 – Геологическая карта Кировградского промузла



Среднегодовая роза ветров

Рисунок 4 – Опробование почвообразующего горизонта и снежного покрова Кировградского промузла

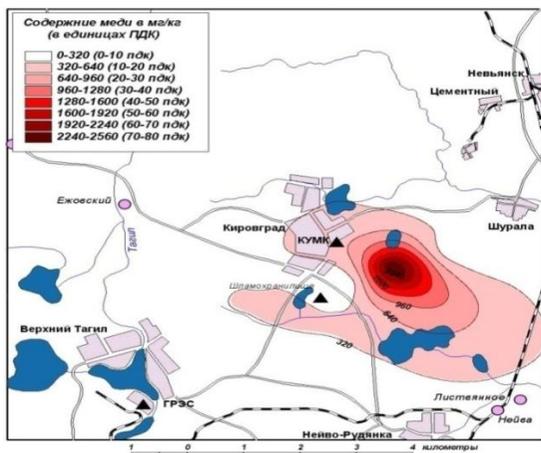


Рисунок 5 – Содержание меди в почвообразующем горизонте Кировградского промузла

Для оценки экологического состояния живых организмов необходимо установить в них региональные фоновые концентрации тяжелых металлов. В литературе имеются немногочисленные данные о содержании тяжелых металлов в наземных животных. Такие данные могут быть приняты только за глобальный фон. Нами для оценки экологического состояния живых организмов в качестве тест-объекта выбрана *Drosophila melanogaster*, так как этот тест-объект удобен для такого рода исследований: имеет небольшой миграционный ареал, а также возможно выявление не только токсического, но мутагенного эффекта от воздействия тяжелых металлов в ряду поколений. Од-

нако неясно, возможно ли биохимические параметры данного тест-объекта сопоставить с биохимическими параметрами человека, то есть можно ли *Drosophila melanogaster* использовать для биоиндикации экологического состояния окружающей среды?

Для ответа на этот вопрос нами была проведена серия экспериментов. Известно, что для экологической оценки воздействия конкретного вещества на биологический объект используются различные критерии, которые позволяют дать количественную характеристику его мутагенного и токсического эффектов. Для *Drosophila melanogaster* наиболее приемлемы такие комплексные показатели, как изменение в процессах морфогенеза крыла, а также генотоксический эффект. С помощью такого рода критериев определяются предельно допустимые концентрации для модельной тест-системы.

Если полученные предельно допустимые концентрации модельной тест-системы сопоставимы с ПДК, установленными для человека, это указывает на то, что ее возможно использовать для оценки экологического состояния окружающей среды. Опыты проводились по наиболее распространенному элементу, поступающему в окружающую среду от предприятий меднорудной промышленности, – меди. Поступление меди в организм тест-объекта осуществлялось с водой.

Влияние соединений меди на соматические клетки в ходе онтогенеза было прослежено при изучении процессов с использованием родительских форм, при концентрации CuSO_4 в 1,2, 2,5 и 5 мг/дм³. При минимальной концентрации CuSO_4 никаких морфологических изменений не наблюдалось, и результаты эксперимента были сопоставимы с контролем. При максимальной концентрации CuSO_4 общая площадь крыла в опыте достоверно меньше таковой в контроле, как у самок, так и у самцов. Однако анализ площади отдельных ячеек крыла в целом обнаруживает уменьшение по данному показателю среди ряда ячеек. Обращает на себя внимание, что наибольшее различие обнаруживается по 24 и 25 ячейкам (рис. 6).

На фоне снижения общей площади крыла и большинства ячеек в опыте наблюдается увеличение площади 24 ячейки, в то время как центральная зона крыла претерпевает почти трехкратное уменьшение.

Анализ влияния CuSO_4 при концентрации 2,5 мг/дм³ на генотоксический эффект частоты возникновения эмбриональных леталей показал, что результаты эксперимента превышают контроль.

В третьей серии эксперимента рассматривался еще один показатель генотоксического эффекта – частота возникновения постэмбриональных леталей. Анализ этой серии эксперимента показал, что при концентрации CuSO_4 2,5 мг/дм³ результаты опыта также превышают контроль. Таким образом, данная тест-система реагирует на изменение окружающей среды по тем же критериям, что и человек, и указывает на возможность использования этого тест-объекта для оценки экологического состояния биологической составляющей районов меднорудной промышленности.

Таким образом, биохимические параметры данного биологического тест-объекта сопоставимы с биохимическими параметрами человека и *Drosophila melanogaster* можно использовать как биоиндикатор экологического состояния окружающей среды.

При оценке регионального фона для живых организмов в лаборатории генетики УрФУ нами были взяты имаго *Drosophila melanogaster* линии дико-го типа «Север», в количестве 500 особей, которые культивировались на протяжении двух лет и претерпели более 50 поколений отбора. Результаты исследований приведены в таблице 1.

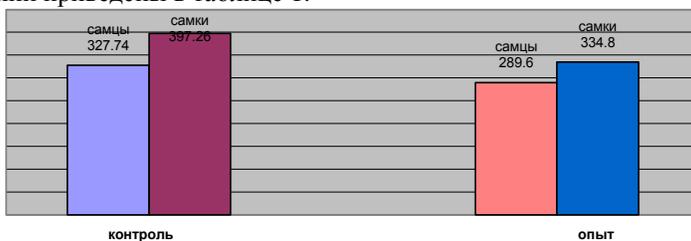


Рисунок 6 - Общая площадь крыла дрозофилы в контроле и в опыте (1*10⁻⁹ м²)

Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов в теле имаго *Drosophila melanogaster* линии «Север»

Элемент	Региональный фон, мг/кг
Cu	2,20
Zn	72,34
Pb	0,5
Cd	0,05

Техногенные элементы структуры ПТГС представляют собой промышленные предприятия ГМК, объединенные одним типом природопользования – получением металла. Ранжирование предприятий по видам и интенсивности поступления в ГС загрязняющих элементов показывает, что железорудная промышленность формирует ассоциацию, включающую Fe, Mn, V, Co, Cr, медно-рудная – Cu, Zn, Pb, Cd, As. Эти металлы поступают в окружающую среду в результате выбросов в атмосферу, сбросов сточных вод, пыления с отвалов и имеют высокую миграционную способность, загрязняя собой окружающую среду. Это относится к состоянию всех компонентов среды, включая снежный покров, почвенный слой, природные воды и живое вещество.

Современное экологическое состояние элементов структуры ПТГС изучено на основе экологического мониторинга, включающего полевые исследования, лабораторные и камеральные работы. Исследования проводились в городах с развитыми медно-рудной (Кировград, Первоуральск, Ревда, Полевской) и железорудной (Нижний Тагил) отраслями промышленности.

В ходе полевых и лабораторных исследований изучены все компоненты окружающей среды: почвы, подземные и поверхностные воды, раститель-

ность (*Betula pendula*) и живые организмы (*Drosophila melanogaster*). Всего отобрано и проанализировано около 6000 проб. Изучались элементы, ассоциации которых были выявлены при ранжировании предприятий по видам и интенсивности поступления в ГС загрязняющих элементов Fe, Mn, V, Co, Cr от железорудной промышленности и Cu, Zn, Pb, Cd, As – от меднорудной. В качестве критериев экологического состояния взяты установленные нами региональные фоновые концентрации указанных элементов. При камеральной обработке и построении карт и графиков загрязнений использовались компьютерные программы ArcWie, Surfer и Excel.

Исследования показали, что элементы структуры ПТГС (почва, природная вода, биота) загрязнены и серьезно трансформированы. Концентрация, например, меди на изучаемых территориях превышает фон в несколько раз. Участки с максимальным загрязнением расположены в центральных частях и приурочены к промышленным площадкам предприятий (рис. 7).

На рис. 8 показано распределение меди в насекомых (*Drosophila melanogaster*). Ареал техногенного загрязнения составляет примерно 2/3 изучаемой площади и превышает фон в 120 и более раз.

Таким образом, изучение последствий техногенеза и фоновых характеристик природных компонентов ГС свидетельствует о современном природно-техногенном характере их химического состава, что проявляется в наличии природно-техногенных геохимических аномалий.

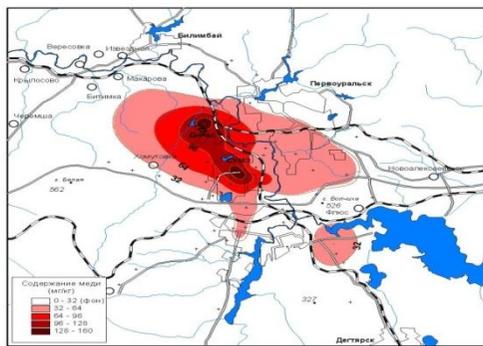


Рисунок 7 – Распределение меди в почве Первоуральско-Ревдинского промузла, мг/кг

В третьей главе «Функционирование природно-техногенной геосистемы III уровня» рассматривается функционирование ПТГС как процесс, обусловленный постоянным поступлением загрязняющих элементов в ГС, их миграцией из одних компонентов ГС в другие и, как следствие, изменением ее устойчивости (см. рис. 2).

Поступление загрязняющих веществ в ПТГС происходит в виде воздействия на окружающую среду пылевых выбросов, сбросов сточных вод и отходов производства, основу которых составляют тяжелые металлы. Интенсивность поступления загрязняющих элементов в ГС можно оценить по за-

грязнению снежного покрова, так как он характеризует среднегодовые выпадения загрязняющих веществ на дневную поверхность в $\text{кг}/\text{км}^2$, то есть индикатором техногенного поступления загрязняющих веществ в ГС может служить снежный покров.

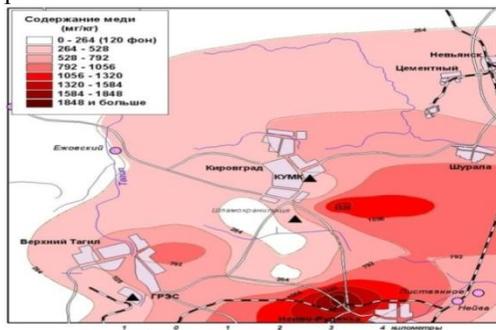


Рисунок 8 – Распределение меди в *Drosophila melanogaster* Кировградского промузла, мг/кг

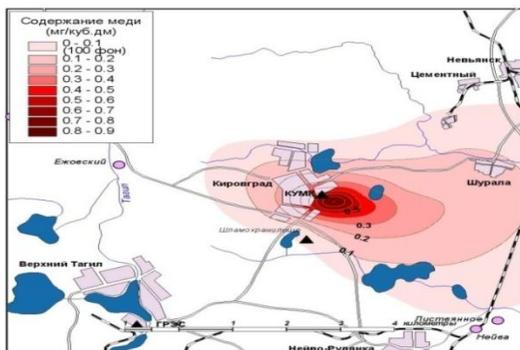
Нами проведены исследования химического состава снежного покрова района Кировградского промузла, на территории которого находится ОАО «КМК».

Всего было отобрано 25 проб снега (см. рис. 4). Экологическая оценка состояния снежного покрова производилась с учетом региональных фоновых характеристик, то есть за критерий оценки приняты фоновые концентрации.

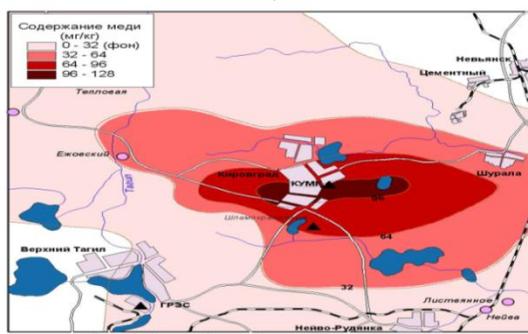
В качестве примера на рисунке 9 приведено распределение меди в растворимой и нерастворимой формах. Анализ полученных данных показал, что концентрации меди в снеговой воде в растворенной форме очень высокие, максимум составляет $0,8 \text{ мг}/\text{дм}^3$, что в 800 раз превышает фон (рис.9, а). Ареал загрязнения хорошо согласуется с основными источниками загрязнения. Максимальная концентрация меди в пыли более $100 \text{ мг}/\text{кг}$ (рис. 9, б). Из рис. 9 (б) видно, что ареал загрязнения занимает практически всю территорию промышленного узла.

Таким образом, в ПТГС идет интенсивное поступление загрязняющих элементов в результате выбросов, сбросов и образования твердых промышленных отходов, что доказано химическим составом снежного покрова.

Поступившие на изучаемую территорию загрязняющие элементы интенсивно *мигрируют*. Мы предположили, что их миграционная подвижность может быть определена по степени зависимости между содержанием загрязняющих веществ в различных компонентах ГС. В связи с этим проведен корреляционно-регрессионный анализ и построены вероятностно-статистические модели содержания основного элемента-загрязнителя от меднорудной промышленности – меди в компонентах окружающей среды: атмосферном воздухе, почве, природных водах, биоте. Анализ показал, что этот элемент имеет высокую миграционную подвижность.



а)



б)

Рисунок 9 – Содержание меди: а) растворенная форма в снежном покрове б) в пыли, поступающей на снежный покров Кировградского промузла

На рисунке 10 приведен полный цикл миграции по меди от ее техногенного привноса в результате выбросов предприятиями в атмосферу и пыления с отвалов до выпадения ее на снежный покров, а затем через почву поступления ее в организмы растений. Проверка значимости коэффициента корреляции подтверждена расчетом критерия Стьюдента, а за основную была принята следующая гипотеза: между содержанием меди в снежном покрове (x) и растениях (y) существует тесная корреляционная зависимость. Расчет показал, что коэффициент корреляции значимый: $r = 0,55$, при $P = 0,95$, то есть между содержанием меди в снеге и растениях существует корреляционная зависимость.

Достоверный коэффициент корреляции позволяет с помощью уравнения регрессии определить содержание меди в различных средах:

$$C_{\text{и в снеге}} (x_{\text{сн}}) - C_{\text{и в растениях}} (y_{\text{р}}) \quad y_{\text{р}} = 5,6601 + 8,6645 * x_{\text{сн}}$$

Это уравнение можно использовать как прогнозное, что доказано его проверкой на данных натуральных наблюдений.

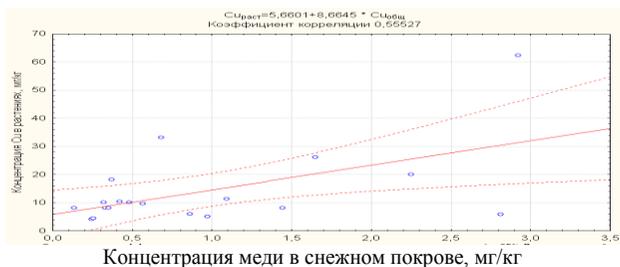


Рисунок 10—Зависимость содержания меди в растениях от ее содержания в снежном покрове

Таким образом, установленные зависимости говорят о том, что загрязнение абиотических компонентов геосистемы приводит благодаря процессам миграции к изменению концентраций тяжелых металлов в биоте, где они накапливаются. Один из законов диалектики говорит, что количественные изменения в конечном итоге приводят к качественным. Это справедливо и по отношению к ГС, в которой переход от количества к качеству связан с **изменением ее устойчивости**. Так как конечным звеном миграции является биота, можно предположить, что она в данном случае является показателем устойчивости ГС. Чтобы подтвердить или опровергнуть данное предположение, были использованы данные литературных источников (Мухачева С.В. и др., 1995, 1996, 2006, 2007) о состоянии населения рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus*) в районе воздействия медеплавильного завода (ОАО «СУМЗ») с трёх ключевых участков: на расстоянии 1-3 км (импактная зона), 4-6 км (буферная зона) и 20-30 км (фоновая зона) от промплощадки завода (рис. 11). Выбранные территории характеризовали серию местообитаний животных в градиенте техногенного воздействия.

Изучение биотической составляющей ГС ГМК показало, что при сравнении трех зон – импактной, буферной и фоновой – выявляются следующие особенности (Мухачева С.В., 1995, 1996, 2006, 2007):

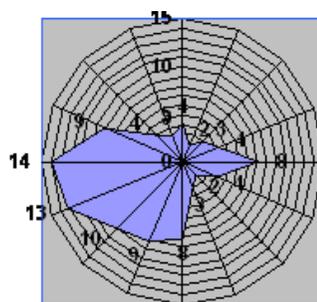
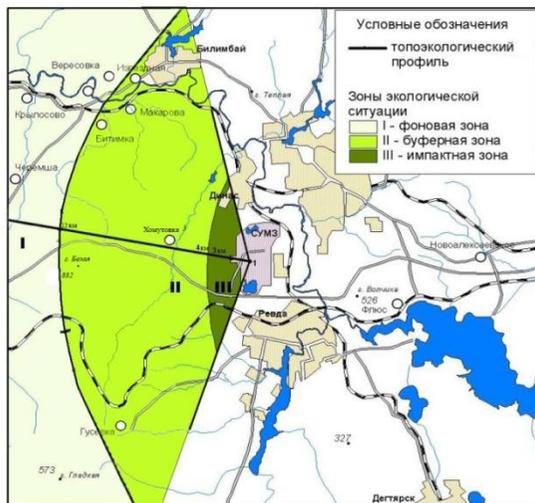
1. Импактная территория характеризуется малым относительным обилием животных (индекс относительного обилия рыжей полевки составляет 2,8 экз./100 ловушко-суток), концентрации свинца в скелете и кадмия в почках превышают фоновые в 3-5 раз и в 5-7 раз соответственно.

2. Буферная зона является переходной между фоновой и импактной территориями. Здесь наблюдается увеличение индекса относительного обилия особей по сравнению с импактной зоной до 5,6 экз./100 ловушко-суток, концентрации свинца в скелете превышают фоновые значения в 2-3 раза, а кадмия в почках в 3-7 раз.

3. Фоновая территория характеризуется наибольшим относительным обилием животных (индекс относительного обилия - 12,0 экз./100 ловушко-суток), содержание тяжелых металлов в органах-депо соответствует уровню регионального фона.

Из приведенных данных можно заключить, что устойчивость биотиче-

ской составляющей по мере приближения к источнику загрязнения нарушается. Но можно ли утверждать, что в связи с этим уменьшается устойчивость и всей изучаемой ГС? Для ответа на этот вопрос рассчитан биогеохимический баланс (БГБ_i). Мы исходили из того, что если приходная и расходная части уравнения баланса равны, то аккумуляция загрязняющих веществ в ней не наблюдается и устойчивость сохраняется. В случае если приходная часть больше расходной, наблюдается аккумуляция загрязняющих веществ, в противном случае (приход меньше расхода) преобладает вынос, и в том, и другом случае наблюдается деградация ГС.



Среднегодовая роза ветров

Рисунок 11 – Расположение экологической трансекты в окрестностях Первоуральско-Ревдинского промузла (сост. по материалам отчета о научно-исследовательской работе: Состояние компонентов окружающей среды..., 2006 с уточнениями автора)

$$\text{БГБ}_i = V_{\text{в.а.}} + V_{\text{с.р.}} + V_{\text{о.о.}} + V_i \cdot C_i - V_{\text{в.в.}} \cdot C_{\text{в.в.}}$$

где i – компонент окружающей среды;

$V_{\text{в.а.}}$ – среднегодовая концентрация элемента в выбросах в атмосферу, мг/дм³;

$V_{\text{с.р.}}$ – среднегодовая концентрация элемента в сбросах в реки, мг/дм³;

$V_{\text{о.о.}}$ – среднегодовая концентрация элемента в складироваемых отвалах, мг/дм³;

V_i – объем пробы компонента окружающей среды, дм³;

C_i – среднегодовая концентрация загрязняющего элемента в компоненте окружающей среды, мг/дм³;

$V_{\text{в.в.}}$ – объем пробы поверхностных вод, дм³;

$C_{\text{в.в.}}$ – среднегодовая концентрация загрязняющего элемента в поверхностных водах, мг/дм³.

Для расчета были использованы данные о содержании загрязняющих веществ в выбросах, сбросах и отходах; полученные в ходе анализа литературных источников (Семячков, Грязнов и др., 2001), и данные о концентрациях загрязняющих элементов в компонентах окружающей среды, полученные в результате собственных полевых и лабораторных работ. Результаты расчета приведены в табл. 2.

Анализ таблицы показывает, что при воздействии предприятий ГМК на окружающую среду наибольшая часть загрязняющих веществ депонируется в биоте, где процент их накопления в несколько десятков выше, чем в абиотических компонентах.

Таблица 2 – Результаты расчета среднегодового биогеохимического баланса территории Кировградского промузла

Элементы	Компоненты природной среды					
	Снежный покров, %	Почвы, %	Почвообразующий горизонт, %	Растения, %	Насекомые, %	СуммаΣ, т/год
Cu	1,14	2,59	1,79	3,8	90,68	102822,05
Zn	1,26	1,8	0,96	30,6	65,33	148055,79
As		3,63	1,98	94,39		4199,13
Cd		5,09	4,06	84,55		539,78
Pb	16,9	12,56	3,38	29,8	37,33	6399,57

Таким образом, в результате интенсивного поступления загрязняющих элементов в ПТГС и их миграции происходит изменение ее устойчивости, что подтверждается накоплением элементов в компонентах окружающей среды, особенно в биоте, определяя тем самым и изменение функционирования ГС, доказательством этого служит ухудшение состояния населения мелких млекопитающих.

В четвертой главе «Развитие природно-техногенной геосистемы III уровня» рассмотрены пути возможного развития двух геосистем III уровня: меднорудной и железорудной. Показано, что развитие ПТГС характеризуется ее современным состоянием.

Развитие изучаемой ПТГС, как говорилось выше, зависит от ее структуры и функционирования, которые, в свою очередь, определяют сложившуюся здесь экологическую ситуацию. В результате развития ПТГС происходит переход ее в качественно новое состояние, где возникают новые или уничтожаются старые элементы структуры и, соответственно, повышается или уменьшается эффективность ее функционирования. В зависимости от складывающейся вследствие этого экологической ситуации ГС может развиваться как в сторону регресса (деградация природной составляющей), так и в сторону прогресса (сохранять или приближаться к естественному состоянию). Чтобы не допустить деградации ГС, необходимо ею управлять. Управление, с точки зрения сохранения естественных свойств природной составляющей,

связано с внедрением природоохранных мероприятий.

Изучение направленности развития должно начинаться с оценки сложившейся экологической ситуации, после чего нужно перейти к мероприятиям по ее улучшению или стабилизации (управлению), при этом важным фактором является эколого-экономическая оценка этих мероприятий. Такой путь позволит оптимально управлять развитием ГС (экологической ситуацией).

В качестве модельного объекта для изучения возможного пути развития меднорудной ПТГС нами выбрано предприятие ОАО «Уралгидромет», как типичное предприятие ГМК, расположенное на Гумешевском месторождении в районе г. Полевской и ведущее добычу меди.

В настоящее время на Гумешевском месторождении работает система опытно-промышленного подземного выщелачивания и добыча меди реализуется через подачу в систему разноуровневых откачных и закачных скважин потоков рабочих выщелачивающих растворов, представляющих собой водный раствор серной технологической кислоты с концентрацией 10-30 г/дм³. В результате формируются отходы, представленные сточными водами. Сточные воды поступают в Южный залив Северского пруда, образовавшегося в пойме р. Железянки. При разгрузке скважин образуются три основных загрязняющих стока в Железянский залив, который является частью Южного залива (рис. 12). Сточные воды, поступая в водные объекты, изменяют их естественный состав, влияя тем самым на экологическое состояние поверхностных вод, и определяют развитие ГС.

Современная экологическая ситуация оценивалась нами в ходе исследований, включающих оценку состояния компонентов окружающей среды. Для этого были отобраны пробы: поверхностных вод (230 проб), почв (60 проб), растительности (60 проб). Степень загрязнения этих компонентов оценивалась путем сопоставления концентраций содержащихся в них загрязняющих веществ с нормативными значениями. Нами предложен критерий оценки (КО), использующий как предельно допустимые, так и фоновые концентрации: если ПДК и фоновые характеристики близки, то в качестве КО использовались ПДК, если ПДК и фоновые характеристики значительно отличаются друг от друга, то в качестве КО принимались последние (табл.3).

Анализ полученных результатов показал следующее:

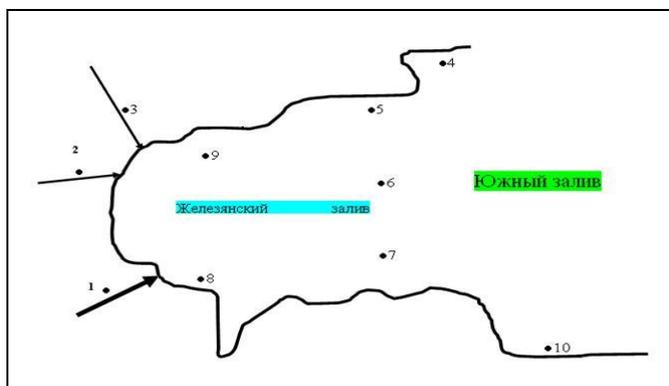
1. Экологическое состояние почвенно-растительного слоя территории сформировалось за счет заброшенных отвалов (положительные формы), а также заросших старых карьеров Гумешевского рудника, начавшего отработку медной руды еще в 1702 г. Среди тяжелых металлов, загрязняющих территорию, главное место принадлежит меди, концентрация которой составляет 2-3 КО (рис. 13). Анализ рисунка 13 показывает, что в почвах ареал с содержанием меди составляет от КО до 2КО, участок с максимальным содержанием меди (более 3КО) приурочен к Железянскому заливу Северского водохранилища. В растениях содержание меди по всей территории не превышает КО.

2. Поверхностные воды представлены Южным заливом Северского

пруда. Как сказано выше, загрязняющие вещества попадают сюда с промышленными стоками, сформировавшимися в результате процесса подземного выщелачивания, и в первую очередь попадают в Железнянский залив, который является частью Южного залива. Химический анализ 154 проб воды, отобранных из 7 створов Южного залива (рис. 12), показал максимальные превышения над КО по следующим компонентам: медь – 100КО, цинк – 5 КО, а в 76 пробах, взятых из трех стоков, поступающих в Железнянский залив, превышения загрязняющих элементов над КО составляют: медь – 2140КО, цинк – 4604КО (табл. 4).

Полученные данные позволяют заключить, что Южный залив является фактически техногенным водоемом, качество воды в котором формируется техногенными локализованными стоками.

Таким образом, наибольшее влияние на формирование неблагоприятной экологической ситуации оказывают поверхностные воды, КО для которых равно 100 (по почвам 3КО, по растительности 2КО).



Основные параметры водохранилища:
 Длина 4,5 км.
 Ширина 0,6 км.
 Глубина 3,5 м.
 Объем воды 12,5 млн. м³.

Рисунок 12 – Расположение стоков в Северское водохранилище и мест отбора проб

Условные обозначения:

- ↑ – локализованный сток загрязняющих веществ;
- – точка опробования поверхностных вод

Согласно Критериям оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия, если для веществ 1-2 класса опасности в поверхностных водах КО = 1, то экологическая ситуация водного объекта (или территория) характеризу-

ется как относительно удовлетворительная, при КО от 5 до 10 – как чрезвычайная, а при КО более 10 – экологическое бедствие. В данном случае загрязнение поверхностных вод во много раз превышает загрязнение почв и растительности и может быть охарактеризовано как экологическое бедствие.

Таблица 3 – Критерии оценки экологического состояния компонентов окружающей среды

Среда/Ингредиент		ПДК			Фоновые характеристики			Предлагаемые Критерии оценки экологического состояния
		Хозяйственно-бытовые	Рыбохозяйственные		Глобальный	Региональный		
Поверхностные воды	Cu, мг/дм ³	1	1*10 ⁻³		7*10 ⁻³	3-10*10 ⁻³		10*10 ⁻³
	Zn, мг/дм ³	1	1*10 ⁻²		10*10 ⁻³	5-50*10 ⁻³		50*10 ⁻³
Почвы	Cu, мг/кг	33	60	55	23,9	20	1-32	32
	Zn, мг/кг	55	70	100	55	50	55	55
Растения	Cu, мг/кг	30			2	2		30
	Zn, мг/кг	150			20	20		150

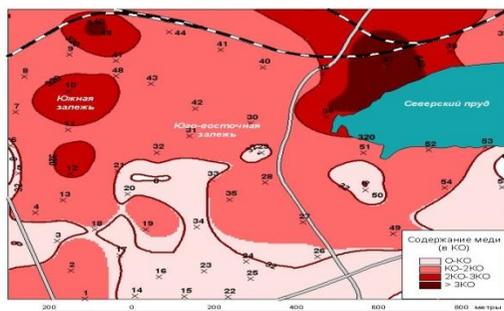


Рисунок 13 – Содержание меди в почвах (мг/кг) района расположения ОАО «Уралгипромедь»

На практике может сложиться ситуация, когда все компоненты ГС находятся в критическом состоянии и положение ГС можно охарактеризовать как экологическое бедствие. В этом случае природоохранные мероприятия не дадут положительного результата. Для его достижения нужно сначала вывести ГС из объектов природопользования и дать возможность природе самой восстановиться, а затем, при положительных результатах ее самовосстановле-

ния, разработать природоохранные мероприятия с учетом направленности восстановления геосистемы. Если же экологическое бедствие связано с одним компонентом окружающей среды, например, сильно загрязнен атмосферный воздух, то можно установить очистные сооружения, тем самым переведя территорию из одного экологического состояния в другое.

Таблица 4 – Среднее многолетнее количество веществ, поступающих в Южный залив со стоками (мг/дм³)

Ингредиент	КО	Объединенный сток загрязняющих веществ (мг/дм ³)	Превышение в стоках над КО (разы)	Концентрация загрязняющих элементов в заливе (мг/дм ³)	Превышение в заливе над КО (разы)
Cu	0,001	2,14	2140	0,1	100
Zn	0,005	23,02	4604	0,025	5

В изучаемой ПТГС, как показано выше, наибольший вклад в формирование неблагоприятной экологической ситуации вносят поверхностные воды. Это же подтверждается эколого-гидробиологическими исследованиями Южного залива Северского водохранилища в процессе которых были изучены видовой состав, развитие и структурно-функциональные характеристики ихтиофауны. Всего отловлено 24 экз. окуня, 14 экз. леща, 13 экз. щуки, 5 экз. плотвы, 2 экз. язя и 1 экз. карасей. Анализ собранного ихтиологического материала показал, что, несмотря на достаточно хорошую кормовую обеспеченность рыб в пруду, темп их роста можно характеризовать как средний или низкий. В костной ткани определено содержание меди (5,35 мг/кг), которое превышает значения для рыб из других водоемов (4 мг/кг), а в 70,2 % улова обнаружилось проявление токсикоза в разрушении лучей хвостового плавника и появлении язв на теле (рис. 14). Полученные данные указывают на достаточно высокую токсичность среды для рыб.

Видимо, судить о степени неблагоприятности экологической ситуации ПТГС или ее компонентов по величине критериев, приведенных выше, возможно только с учетом продолжительности и комплексности существующего загрязнения, но говорить о возникновении необратимых изменений уже можно. В нашем случае, чтобы предотвратить превращение экологической ситуации одного компонента в «бедствие» всей ГС, необходимо прибегнуть к управлению – внедрению природоохранных мероприятий, которые в первую очередь должны быть направлены на улучшение состояния водного компонента ГС.

Нами в качестве такого мероприятия рассмотрена возможность создания биогеохимического барьера в Железянском заливе. Выбор именно данного вида природоохранных мероприятий основывался на двух факторах:

1. По предварительным исследованиям, выявлено наличие в заливе видов растительности с высокой самоочищающей способностью: хвощ болотный, рогоз широколистный, горец земноводный, рдест курчавый, ряска малая. Однако количество растительности в пруду недостаточное: площадь за-

растания составляет всего 28%, и она не может в полной мере участвовать в процессах очищения.

2. Результаты анализов 230 проб воды, отобранных из 10 створов залива, замеров расходов и балансовые расчеты показали высокую (до 60 %) самоочищающую способность самого пруда в результате происходящих в нем химических и физико-химических процессов (образование оксигидратов, сорбции, осаждения).

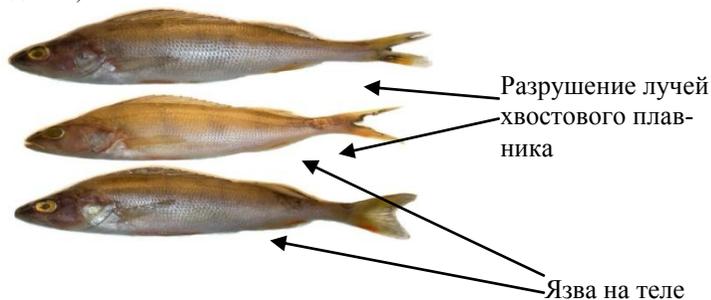


Рисунок 14 – Окунь Южного залива Северского водохранилища с различными проявлениями токсикоза (сост. автором по данным лаборатории популяционной экологии ИЭРиЖ УрО РАН, 2007)

Таким образом, можно утверждать, что в Железянском заливе существуют естественные условия для создания здесь биогеохимического барьера, который будет выполнять роль очистного сооружения на пути локализованных стоков.

Из всего многообразия видов биогеохимических барьеров (предводохранилище, ботплощадка с «банкетами», окислительный канал и т.д.) нами была выбрана разновидность ботплощадки – биоплато (рис. 15). Биоплато – часть водоема, находящаяся вблизи поступления загрязнения, заросшая высшей водной растительностью, не отделенная от общей площади водного объекта никаким устройством.

Наш выбор был основан на том, что именно биоплато способно очищать водоем от локализованных стоков и предназначено для очистки водного объекта как от макро-, так и от микрокомпонентов (тяжелых металлов), что максимально отвечает характеристикам изучаемого водного объекта.

Проведенное нами лабораторное и натурное моделирование биоплато и изучение очищающей способности водоема в присутствии высшей водной растительности (рогоза узколистного и хвоща болотного) показало, что по всем загрязняющим компонентам (железо, медь, цинк, свинец, кадмий, мышьяк, сульфаты) достигается стабильное снижение концентрации до уровней, соответствующих требованиям, предъявляемым к воде водных объектов питьевого и общесанитарного назначения.

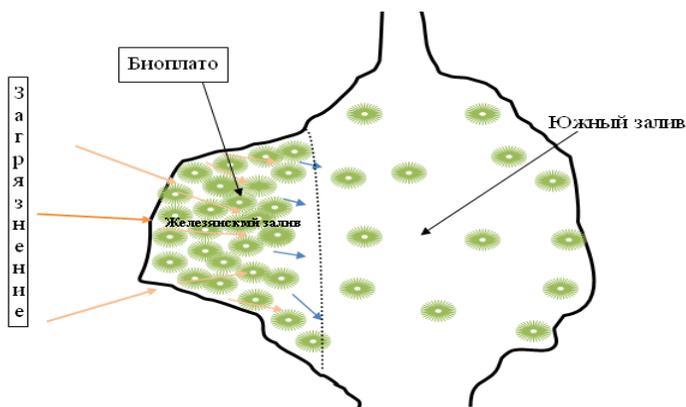


Рисунок 15 – Конструкция биоплато для очистки Южного залива Северского водохранилища

Таким образом, для улучшения экологического состояния поверхностных вод территории ОАО «Уралгидромедь», а соответственно и всей ПТГС в целом, необходимо организовать на части территории Южного залива биогеохимический барьер – превратить Железьянский залив в биоплато. Однако возникает вопрос об экономической эффективности данного биоинженерного сооружения. С целью ее обоснования нами проведена экономическая оценка использования биогеохимических барьеров для ОАО «Уралгидромедь». Предотвращенный ущерб от строительства биогеохимических барьеров, при затратах на их строительство в 5 млн. руб., составляет 95,11 млн. руб., что указывает на их высокую экономическую эффективность.

В качестве объекта для изучения возможного пути развития железорудной ПТГС нами выбран район расположения шлаковых отвалов ОАО «НТМК» на р. Сухая Ольховка. Шлаковые отвалы ОАО «НТМК» состоят из отвала доменных шлаков и отвала сталеплавильных шлаков. Оба отвала являются действующими, функционируют с 1949 года. В настоящее время в отвалах содержится более 60 млн. тонн отходов. Отвалы ОАО «НТМК» на р. Сухая Ольховка, по-сути, являются "техногенными месторождениями" черных и цветных металлов. По данным А.И. Семячкова, А.А. Фоминых, особенно высоко превышение содержания этих элементов в отвале, по сравнению с кларковыми значениями их в литосфере, по ванадию (в 111 раз), хрому (60 раз), марганцу (14 раз), кобальту (8 раз).

Управление экологической обстановкой данной геосистемы базируется на выявлении степени изменения природной среды в результате техногенного воздействия шлаковых отвалов на нее, проявляющего, главным образом, в результате пыления. Для разработки природоохранных мероприятий необходим комплексный анализ пространственно-временного распределения загрязнения. По нашему мнению такой анализ можно дать на основе карты районирования территории по степени загрязнения.

При районировании использованы данные геохимических съемок территории, прилегающей к шлаковым отвалам ОАО «НТМК», проведенных нами в период с 2012-2014 гг. При проведении геохимических съемок было осуществлено сквозное опробование по профилям следующих компонентов окружающей среды: снежного покрова, почв, съедобных растений (кормовые растения, грибы, плоды).

Так как, основными загрязняющими элементами, рассеивающимися в компоненты окружающей среды являются тяжелые металлы: V, Cr, Mn, Co, то в основу районирования территории по степени загрязнения нами положены поля рассеяния этих элементов в компонентах окружающей среды по суммарному показателю загрязнения Zс, с целью выяснения зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия (рис. 16).

Анализ рисунка 16 показывает, что практически вся территория относится к категории загрязнения «опасная». Такое значение суммарного показателя загрязнения характеризуется увеличением уровня общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушением функционального состояния сердечно - сосудистой системы. На этой территории расположены участки с категорией загрязнения «умеренно опасная» и «чрезвычайно опасная». Наибольший участок с категорией загрязнения «умеренно опасная» находится с южной стороны отвала, в районе расположения коллективных садов. Участки с категорией загрязнения «чрезвычайно опасная» находятся с юго-восточной (в местах расположения коллективных садов), восточной, северной и западной стороны отвала (в местах выгрузки доменных и маргеновских шлаков).

Таким образом, проведенное районирование территории расположения шлаковых отвалов ОАО «НТМК» показало необходимость внедрения экологически эффективных природоохранных мероприятий для улучшения экологического состояния природной подсистемы. Для того чтобы правильно выбрать эти мероприятия необходим мониторинг состояния природной подсистемы. На начальном этапе, по результатам районирования территории, можно сделать вывод, что мониторинг должен включать наблюдения за состоянием атмосферного воздуха, поверхностных водных объектов (р. Сухая Ольховка), почв, биоты. Мониторинг за этими компонентами окружающей среды необходимо проводить регулярно и ежегодно: снежный покров, почвы, биоту необходимо опробовать 1 раз в год, поверхностные воды ежеквартально по установленной нами сети.

Полная реализация действий по организации системы мониторинга позволит автоматически учитывать ее результаты при изучении развития геосистемы, даст информацию для прогноза и определит третью часть блока «развитие» - управление геосистемой, то есть разработку и внедрение эффективных природоохранных мероприятий.

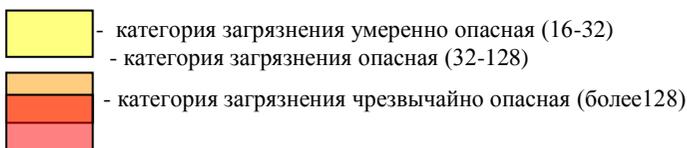
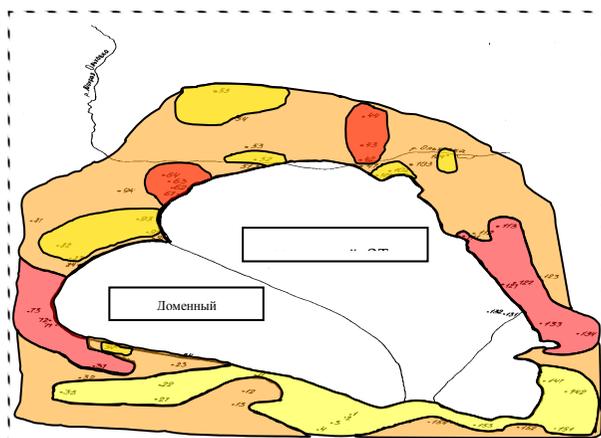


Рисунок 16 - Районирование территории по суммарному показателю загрязнения

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Результаты исследований влияния предприятий ГМК на окружающую среду показали возможность использования регионального геоэкологического анализа для решения проблем управления и экологической оптимизации изучаемой ПТГС.

Методологической основой этого анализа является СДМ.

В соответствии с ним предприятия ГМК и окружающая среда, находящаяся под их воздействием, рассматриваются как природно-техногенная геосистема III уровня (см. рис. 1).

Как любая сложная система она обладает структурой, функционированием и развитием. В связи с этим региональный геоэкологический анализ включает изучение трех основных блоков (структура, функционирование и развитие), каждый из которых в свою очередь включает три составляющих (см. рис. 2).

2. Структура изучаемой ГС представляет триаду тесно связанных между собой элементов: природные (начальные) элементы, представленные компонентами природной среды, характеризующиеся фоновым содержанием загрязняющих веществ. Техногенный элемент представлен горно-металлургическими предприятиями, объединенными одним типом природопользования (добыча и переработка металла). Результат взаимодействия природных и тех-

ногенных элементов – современный геохимический облик компонентов окружающей среды. Для определения степени изменения геохимического облика ПТГС необходимо сравнение фоновых и современных концентраций химических элементов.

Фоновые концентрации химических ингредиентов в природных элементах структуры обусловлены специфическим геологическим развитием региона и характеризуются повышенным содержанием Fe, Mn, V, Co, Cr, Cu, Pb, Zn, Cd, As. Они определяют естественную экологическую ситуацию. Доказательством этого служат ареалы распространения металлов в почвообразующем горизонте, которые напрямую связаны с геохимией подстилающих материнских пород.

Исследования воздействия металлов на биологический тест-объект *Drosophila melanogaster* показали реакцию с проявлением мутагенного эффекта при тех же концентрациях, что и санитарно-гигиенические ПДК. Это предопределяет возможность использования данного тест-объекта для оценки экологического состояния биологической составляющей ГС, а установленные концентрации тяжелых металлов в теле имаго *Drosophila melanogaster* можно принять за региональный фон.

Исследования техногенных элементов (предприятий ГК Среднего Урала) и их ранжирование по видам и интенсивности поступления в ГС показывают, что железнорудная промышленность формирует ассоциацию, включающую Fe, Mn, V, Co, Cr меднорудная – Cu, Zn, Pb, Cd, As. В результате взаимодействия природных и техногенных элементов образуются природно-техногенные геохимические аномалии. Эти аномалии определяют современное экологическое состояние ГС. Их анализ показал повышенные концентрации всех загрязняющих химических ингредиентов во всех элементах структуры изучаемой ПТГС – атмосферном воздухе, поверхностных и подземных водах, почвах, особенно загрязнены живые организмы.

3. Функционирование ПТГС представляет собой процесс, состоящий из трех взаимосвязанных частей (поступление и миграция загрязняющих веществ и как результат – изменение устойчивости ГС).

Постоянное и интенсивное поступление загрязняющих веществ происходит в результате выбросов, сбросов и образования отходов предприятий ГК. Это приводит к накоплению их в компонентах окружающей среды. Индикатором такого накопления может служить снежный покров. Снежный покров характеризуется повышенным содержанием загрязняющих веществ от техногенного воздействия: по меди и цинку в растворенной форме – 0,8-6,0 мг/дм³, а содержание их в пыли, поступающей на снежный покров, достигает до 100 мг/кг, что превышает фон в несколько десятков раз.

Анализ распространения загрязняющих веществ в ГС показал высокую миграционную способность всех загрязняющих элементов, начиная с их техногенного поступления в абиотические, а затем в биотические компоненты. Нами показана возможность использования математических моделей для

прогноза содержания, например, меди в биоте. Такие модели можно использовать для прогноза экологического состояния компонентов окружающей среды, что доказано результатами полевых наблюдений.

Изменение устойчивости ПТГС происходит за счет постоянного и интенсивного поступления загрязняющих веществ в ГС и их миграции. Одним из наиболее информативных показателей ее устойчивости является состояние биоты. Анализ литературных источников показал, что по мере приближения к промышленному предприятию, а значит, по степени интенсивности техногенного воздействия на окружающую среду наблюдается ухудшение экологического состояния населения рыжей полевки: уменьшение относительного обилия особей и увеличения содержания загрязняющих веществ во внутренних органах по сравнению с фоновыми значениями, что свидетельствует о нарушении устойчивости изучаемой ГС.

Механизм устойчивости ПТГС нами описан с помощью биогеохимического баланса. Он позволил установить, что наряду с постоянным и интенсивным привнесом загрязняющих веществ в ГС действуют и механизмы выноса данных веществ из ГС. Подтверждено, что наибольшая часть загрязняющих веществ депонируется в растениях 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 ГС подземным и поверхностным стоком. Для предотвращения загрязнения других ГС, а также для снижения техногенной нагрузки на живые организмы и, следовательно, для дальнейшего прогрессивного развития ПТГС необходимы природоохранные мероприятия.

4. Развитие ПТГС определяется ее современным экологическим состоянием.

В качестве нормирующего показателя загрязнения нами предложен КО, который позволяет выбрать из ряда показателей (санитарно-гигиенические и экологические нормативы, фоновые концентрации) тот, который наиболее объективно позволяет оценить степень загрязнения компонентов природной среды. В качестве модельного объекта, на котором использовался КО, выбрана территория ОАО «Уралгидромедь». Нами установлено, что изучаемая территория представляет собой ареал интенсивного техногенного загрязнения. Особенно загрязнен водный объект – Северское водохранилище, где максимальная концентрация меди составляет 100КО, следовательно, данная территория относится к территории экологического бедствия и требует внедрения природоохранных мероприятий. Это же подтверждено и проведенными нами ихтиологическими исследованиями. Анализ собранного ихтиологического материала показал, что в костной ткани рыб содержание меди превышает значения для рыб из других водоемов, а в 70 % улова обнаружилось проявление токсикоза в разрушении лучей хвостового плавника и появлении язв на теле. Полученные данные указывают на достаточно высокую токсичность среды для рыб.

Мероприятием по улучшению экологического состояния водного объекта может быть создание биогеохимического барьера.

Данная технология позволяет снижать концентрации загрязняющих веществ до КО и ниже от значительных исходных величин. Экономическая оценка биогеохимических барьеров показала, что предотвращенный ущерб составляет 95,11 млн. руб., а на строительство биогеохимических барьеров нужно затратить 5 млн. руб. Это указывает на высокую экологическую и экономическую эффективность их использования, но остается опасность загрязнения почв и растительности. Однако даже в случае самых неблагоприятных условий КО ПТГС уменьшится и она перейдет из состояния экологического бедствия в состояние относительно удовлетворительной ситуации.

Предлагаемая технология защиты меднорудной ГС является инновационной, что связано с ее высокой экологической и экономической эффективностью, низкой стоимостью и возможностью применения в любых природно-техногенных условиях. С помощью биогеохимических барьеров возможно управление ГС, предотвращая попадание потоков загрязняющих веществ в соседние ГС.

5. Изучение развития геосистемы и дальнейшее управление ею должно осуществляться на основе системно организованного мониторинга, начальным этапом которого является геохимическое районирование территории. Районирование проведено в районе расположения шлаковых отвалов ОАО «НТМК» по суммарному показателю загрязнения и по следующим компонентам окружающей среды, находящихся под воздействием отвалов: снежному покрову, почвам, съедобной растительности. Суммарный показатель загрязнения Z_s рассчитан по следующим элементам – загрязнителям: V, Cr, Mn, Co, в наиболее высоких концентрациях присутствующих в отвалах.

Проведенное районирование территории показало, что практически вся территория относится к категории загрязнения «опасная». Однако в данном случае, природоохранные мероприятия должны быть разработаны на основе системного мониторинга, который даст возможность принять правильные управленческие решения по улучшению экологического состояния природной подсистемы. Основой мониторинга должно являться проведенное нами районирование территории.

Результаты проведенных нами исследований свидетельствуют о том, что региональный геоэкологический анализ, основанный на СДМ, может быть использован при изучении, оптимизации и управлении экологической ситуацией ГМК.

Схема проведения анализа приведена на рисунке 17.



Рисунок 17 – Схема регионального геоэкологического анализа ПТГС

Публикации автора по теме диссертации

Статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Кыргызской Республики для опубликования основных научных результатов диссертаций:

1. **Почечун В.А.** Технологии нового поколения в экологических приложениях // Наука и новые технологии. – 2014. - № 6. – С. 45 - 48. – 0,25/0,25 п.л.
2. **Почечун В.А.** Применение компьютерной программы нейронных сетей в геоэкологии // Наука и новые технологии. – 2014. - № 6. – С. 42 – 45. – 0,25/0,25 п.л.
3. **Почечун В.А.** Результат районирования территории расположения

шлаковых отвалов ОАО «НТМК» // Известия вузов Кыргызстана. – 2015. - № 7. – С. 62 – 66. – 0,31/0,31 п.л.

4. **Почечун В.А.** Методика геосистемного районирования (на примере территории расположения шлаковых отвалов ОАО «НТМК») // Известия вузов Кыргызстана. – 2015. - № 7. – С. 66 – 69. – 0,25/0,25 п.л.

5. **Почечун В.А.**, Бабенко Д.А. Биогеохимический баланс природно-техногенной геосистемы Среднего Урала // Наука и новые технологии. – 2015. - № 2. – С. 54-56. – 0,19/0,095 п.л.

Статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации для опубликования основных научных результатов диссертаций:

6. Семячков А.И., **Почечун В.А.** Оценка экологических последствий реализации проекта «Урал промышленный – Урал Полярный» // Экономика региона. – 2007. – № 2(10) – С. 98–105. – 0,44/0,22 п.л.

7. Семячков А.И., Медведев О.А., **Почечун В.А.**, Архипов М.В. Экологическая оценка состояния геологической среды на основе инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2012. – № 2 – С. 80–85. – 0,31/0,08 п.л.

8. Семячков А.И., **Почечун В.А.**, Медведев О.А., Архипов М.В. Инженерно-геологические изыскания и экологический мониторинг как основа рекультивации нарушенных земель // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2012. – № 3. – С. 85–90. – 0,31/0,08 п.л.

9. Двинских С.А., **Почечун В.А.**, Медведев О.А. Структура природно-техногенной системы как источника воздействия на окружающую среду // Вопросы современной науки и практики. – 2012. – № 4(42) – С. 10–17. – 0,44/0,15 п.л.

10. Двинских С.А., **Почечун В.А.**, Рудакова Л.В. Функционирование природно-техногенной системы горно-металлургического комплекса // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 4 (часть 2) – С. 398–404. – 0,37/0,12 п.л.

11. Двинских С.А., **Почечун В.А.**, Семячков А.И. Развитие природно-техногенной системы горно-металлургического комплекса // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 4 (часть 2) – С. 405–413. – 0,31/0,10 п.л.

12. **Почечун В.А.** Системный подход в изучении природно-техногенной системы ГМК Среднего Урала // Вопросы современной науки и практики. – 2013. – № 1(45). – С. 10–17. – 0,44/0,44 п.л.

13. Семячков А.И., **Почечун В.А.**, Медведев О.А. Эколого-экономическое обоснование использования биогеохимических барьеров в природно-техногенных системах // Вопросы современной науки и практики. – 2013. – № 2(46) – С. 15–21. – 0,37/0,12 п.л.

14. Семячков А.И., Рудакова Л.В., **Почечун В.А.** Обеспечение экологической безопасности жизненных циклов горнодобывающих предприятий // Экономика природопользования. – М.: ВИНТИ, 2013. – №1. – С. 53–71. – 1,12/0,37 п.л.

15. Хорошавин Л.Б., Медведев О.А., **Почечун В.А.**, Беляков В.А. Проблемы развития геоэкологии нового поколения // Вопросы современной науки и практики. – 2013. – № 4(48). – С. 21–29. – 0,35/0,09 п.л.

16. Мельчаков Ю.Л., Семячков А.И., **Почечун В.А.**, Козаренко А.Е., Суриков В.Т., Архипов М.В. Некоторые тренды аэротехногенного загрязнения на Урале // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10 (часть 11). – С. 2471–2476. – 0,31/0,05 п.л.

17. **Почечун В.А.**, Мельчаков Ю.Л., Бабенко Д.А. Применение системного подхода при изучении природно-техногенных геосистем // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2014. – № 5. – С. 953–963. – 0,69/0,23 п.л.

18. Кульнев В.В., **Почечун В.А.** Применение альголизации питьевых водоемов Нижнетагильского промышленного узла // Медицина труда и промышленная экология. – 2016. – № 1. – С. 20 – 22. – 0,19/0,1 п.л.

Патенты:

19. Пат. 2289658 Российская Федерация. Способ локализации загрязнений при эксплуатации водозаборов хозяйственно-питьевого назначения / Гаев А.Я., Кузнецова Е.В., Алфёров И.Н., Фоминых А.А., **Почечун В.А.**; Оренбург. ОГУ. - № 2004130071/03; заявл. 11.10.2004; опубл. 20.12.2006. Бюл. № 35. - 2 с.

20. Пат. 133826 Российская Федерация. Комплекс для низкзатратной очистки и утилизации отходов горного производства / Татаркин А.И., Семячков А.И., **Почечун В.А.**; Екатеринбург. ИЭ УрО РАН. - № 2013107070/05; заявл. 18.02.2013. Бюл. № 30. – 3 с.

21. Пат. Российская Федерация. Способ низкзатратной очистки и утилизации отходов горного производства / Семячков А.И., Татаркин А.И., **Почечун В.А.**; Екатеринбург. ИЭ УрО РАН. - № 2013105955/05; заявл. 13.01.2016.

Монографии:

22. Семячков А.И., Фоминых А.А., **Почечун В.А.** Мониторинг и защита окружающей среды железорудных горно-металлургических комплексов. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2008. – 243 с. – 15,2/5,07 п.л.

23. Семячков А.И., Парфёнова Л.П., **Почечун В.А.**, Копёнкина О.А. Теория и практика ведения локального экологического мониторинга окружающей среды меднорудных горно-металлургических комплексов. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2008. – 225 с. – 14,1/3,53 п.л.

24. Попов А.Н., **Почечун В.А.**, Семячков А.И. Инновационные технологии защиты водных объектов в горнопромышленных районах / Под ред. проф. А.И. Семячкова. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2009. – 128 с. – 8/2,67 п.л.

25. Семячков А.И., **Почечун В.А.** Продовольственный рынок регионов России в системе глобальных рисков / Под общ. ред. академика РАН А.И. Татаркина.– Екатеринбург: УрО РАН, 2012.– 388 с. – Глава 4.9. – С. 375–381. – 0,37/0,19 п.л.

26. Системный подход при изучении природно-техногенной геосистемы горно-металлургического комплекса Среднего Урала / **В.А. Почечун**; отв. ред. В.В. Литовский ; Урал. гос. горн. ун-т. – Екатеринбург: ООО «Издательство УМЦ УПИ», 2015. – 278 с. – 17,38/17,38 п.л.

Статьи в изданиях, индексируемых в международных цитатно-аналитических базах данных SCOPUS:

27. Semyachkov A.I., **Pochechun V.A.**, Terekhanov A.A. Systematic approach and its use during the environmental situation study experiencing technogenic impact // Research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences №6-2, India, 2015. P. 117-124. – 0,5/0,16 п.л.

Учебные пособия:

28. Семячков А.И., **Почечун В.А.**, Хисматулин Д.Р. Статистические методы в гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии: учеб. пособие по курсу «Математические методы моделирования в геологии» для студентов специальности 130302 – «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания» (ГИГ). – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. – 86 с. – 5,4/1,8 п.л.

29. Семячков А.И., **Почечун В.А.**, Советкин В.Л. Теория, методика и практика геоэкологической оценки окружающей среды горно-металлургических комплексов: учеб. пособие / Под ред. Ю.Г. Ярошенко. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. 78 с. – 4,9/1,63 п.л.

30. Учебная практика: учебно-методическое пособие по выполнению практических работ для студентов направления бакалавриата 022000 – «Экология и природопользование» очного и заочного обучения / Е.В. Михеева, Е.А. Байтимилова, Т.А. Бадьина, **В.А. Почечун**. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. – 42 с. – 2,6/0,65 п.л.

Статьи в других научных изданиях:

31. Грязнов О.Н., Семячков А.И., **Почечун В.А.**, Пермяков С.А., Михайлов Б.В., Фоминых А.А. Эколого-геохимическое воздействие на окружающую среду техногенно-минеральных образований // Техногенная трансформация геологической среды: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. – С.138–140. – 0,19/0,03 п.л.

32. **Почечун В.А.** Мутагенный и тератогенный эффекты тяжелых металлов на биологическую систему // Известия УГГГА. Спец. выпуск. Материалы Уральской горнопромышленной декады, г. Екатеринбург, 10-20 апреля 2003 г. – Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2003. – С. 46–48. – 0,19/0,19 п.л.

33. **Почечун В.А.** Эколого-геохимическая оценка состояния окружающей среды Кировградского промузла // Экология фундаментальная и прикладная. Проблемы урбанизации / Урал. гос. ун-т. – Екатеринбург, 2005. – С. 269–271. – 0,19/0,19 п.л.

34. Семячков А.И., **Почечун В.А.** Поток загрязняющих веществ в водной среде горно-металлургических комплексов // Материалы 7-го Междунар. симп. «Чистая вода России». – Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2003. – С. 78–80. – 0,19/0,10 п.л.

35. Семячков А.И., **Почечун В.А.** Исследования взаимосвязи загрязнения снежного покрова и биоты // Геодинамика и геологические изменения в окружающей среде северных регионов. – Архангельск: Изд-во ИЭПС УрО РАН, 2004. – С. 239–241. – 0,19/0,10 п.л.

36. **Почечун В.А.**, Хисматулин Д.Р. Оценка и прогноз состояния окружающей среды Кировградского промузла // Известия УГГУ. Спец. выпуск. Материалы Уральской горнопромышленной декады. – Екатеринбург, 2005. – С. 121–122. – 0,12/0,06 п.л.

37. Фоминых А.А., Семячков А.И., Пермяков С.А., Михайлов Б.В., **Почечун В.А.** Мониторинг объектов складирования отходов ОАО «НТМК» как основа реабилитационных мероприятий // IX Международная конференция «Экология и развитие общества». 19-24 июля 2005 г. Труды конф. / Под ред. проф. Л.К. Горшкова. – СПб.: Международная академия наук экологии, безопасности человека и природы (МАНЭБ), 2005. – С. 220–225. – 0,31/0,06 п.л.

38. Семячков А.И., Фоминых А.А., **Почечун В.А.**, Хисматуллин Д.Р. Мониторинг природной среды горно-металлургических комплексов Среднего Урала // Сергеевские чтения. Инженерно-экологические изыскания в строительстве: теоретические основы, методика, методы и практика. – Вып. 8: Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии и гидрогеологии (23 марта 2006 г.) – М.: Геос, 2006. – С. 71–75. – 0,25/0,06 п.л.

39. Семячков А.И., **Почечун В.А.** Оценка и прогноз состояния окружающей среды районов меднорудной промышленности (на примере Кировградского промузла Среднего Урала) // Социальные, медицинские и инженерные вопросы экологической безопасности населения: Труды Сибирского конгресса по экологии с международным участием / МАНЭБ. – Омск, 2006. – С. 103–106. – 0,19/0,10 п.л.

40. Семячков А.И., Фоминых А.А., **Почечун В.А.** Принципы организации мониторинга окружающей среды в горно-металлургических комплексах Среднего Урала. Антропогенная динамика природной среды. Т. IV: Экологический мониторинг: Материалы междунар. науч.-практ. конф. (16-20 октября 2006 г., г. Пермь) / Перм. ун-т. – Пермь: Изд. Богатырев П.Г., 2006. – С. 287–293. – 0,4/0,13 п.л.

41. Семячков А.И., **Почечун В.А.**, Хисматулин Д.Р. Оценка и прогноз состояния окружающей среды районов меднорудной промышленности (на примере Кировградского промузла Среднего Урала) // Проблемы геоэкологии, охраны окружающей среды и управления качеством экосистем: Всерос. науч.-практ. конф. – Оренбург, ИПК ГОУ ОГУ, 2006. – С. 139–142. – 0,19/0,06 п.л.

42. Кайгородова С.Ю., Мухачева С.В., Семячков А.И., **Почечун В.А.** Разработка регламента локального экологического мониторинга для предприятий цветной металлургии // Актуальные проблемы регионального экологического мониторинга: научные и образовательные аспекты: сб. материалов Всерос. научной школы (г. Киров, 28-30 ноября 2006 г.). – Киров: Изд-во ВятГГУ, 2006. – С. 97–99. – 0,13/0,03 п.л.

43. Семячков А.И., **Почечун В.А.** Методические основы и результаты локального экологического мониторинга для предприятий цветной металлургии // Сергеевские чтения. Опасные природные и техноприродные экзогенные процессы: закономерности развития, мониторинг и инженерная защита территорий. – Вып. 9: Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (22-23 марта 2007 г.). – М.: ГЕОС, 2007. – С. 333–335. – 0,12/0,06 п.л.

44. Семячков А.И., **Почечун В.А.** Практика проведения геоэкологической оценки окружающей среды в горно-металлургическом комплексе // 1-й Уральский международный экологический конгресс «Экологическая безопасность горнопромышленных регионов», 12-14 октября 2007 г. – Том I: Геоэкология. Инженерная экология / Под ред. проф. А.И. Семячкова. – Екатеринбург: Свердл. обл. отделение общественной организации «Международная академия наук экологии, безопасности человека и природы», 2007. – С. 219–224. – 0,31/0,16 п.л.

45. Семячков А.И., **Почечун В.А.** Системы экологического мониторинга горно-промышленных регионов // Водохозяйственные проблемы и рациональное природопользование: материалы всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Часть 2: Рациональное природопользование / Под общ. ред. А.Я. Гаева, П.В. Панкратьева; Оренб. ун-т; Перм. ун-т и др. – Оренбург; Пермь, 2008. – С. 359–362. – 0,19/0,10 п.л.

46. Семячков А.И., Фоминых А.А., Михайлов Б.В., **Почечун В.А.** Принципы организации мониторинга загрязнения окружающей среды от влияния металлургической промышленности // Экология и развитие общества: материалы XI междунар. конф., 24-27 мая 2008 г. / Под общ. ред. проф. В.А. Погалева. – СПб.: МАНЭБ, 2008. – С. 221–226. – 0,31/0,08 п.л.

47. Семячков А.И., **Почечун В.А.** Концепция реализации комплексного экологического мониторинга для предприятий меднорудного комплекса // Северные территории России: проблемы и перспективы развития: материалы Всерос. конф. с междунар. участием. – Архангельск: ИЭПС УрО РАН, 2008. – С. 1190–1192. – 0,13/0,07 п.л.

48. Семячков А.И., **Почечун В.А.** Методика ведения комплексного экологического мониторинга окружающей среды в железорудных горно-металлургических комплексах // Известия Уральского государственного горного университета. – 2008. – Вып. 23. – С. 29–32. – 0,19/0,10 п.л.

49. Попов А.Н., Семячков А.И., **Почечун В.А.** Возможность использования искусственных биогеохимических барьеров для защиты водных объектов // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: Труды междунар. науч.-практ. конф. Пермь, 26-28 мая 2009 г. / Перм. гос. ун-т. – Т. II: Управление водными ресурсами речных водосборов. – Пермь, 2009. – С. 153–157. – 0,25/0,08 п.л.

50. Семячков А.И., Марвин А.М., **Почечун В.А.** Экологические нормы состояния загрязнения компонентов окружающей среды // Сергеевские

чтения. – Вып. 12: Научное обоснование актуализации нормативных документов инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий. – М.: Изд-во РУДН, 2010. – С. 403–410. – 0,42/0,14 п.л.

51. Семячков А. И., Двинских С. А., **Почечун В. А.** Системный подход в изучении природно-технической системы как источника воздействия на окружающую среду // Материалы Общероссийской научной конференции. Иркутск, 5-7 июля 2010. – Иркутск, 2010. – С. 225–228. – 0,19/0,06 п.л.

52. Семячков А.И., Марвин А.М., **Почечун В.А.** О возможности использования *Drosophila melanogaster* при биоиндикации окружающей среды // Всероссийская научная конференция «Современные проблемы биомониторинга и биоиндикации». – Киров: ВятГГУ, 2010. – С. 226–229. – 0,19/0,06 п.л.

53. Семячков А.И., **Почечун В.А.** Экологическая оценка дикоросов и плодов культурных растений в экологически напряженных районах зон складирования отходов // Материалы II Уральского международного экологического конгресса «Экологическая безопасность промышленных регионов». Екатеринбург, Пермь, 17-20 мая 2011 г. / Под ред. проф. А.И. Семячкова. – Екатеринбург: Сверд. обл. отделение общественной организации «Международная академия наук экологии, безопасности человека и природы»; Институт экономики УрО РАН, 2011. – С. 132–138. – 0,37/0,19 п.л.

54. Семячков А.И., **Почечун В.А.**, Архипов М.В., Бадьина Т.А. Геоэкологические, биологические и социально-экономические основы геоэкологии // Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии Урала и сопредельных территорий: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Екатеринбург, УГГУ, 20-21 декабря 2011 г.) / Редкол.: Грязнов О.Н. (отв. ред.) и др. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. – С. 30–32. – 0,13/0,03 п.л.

55. Семячков А.И., Двинских С.А., **Почечун В.А.** Мониторинг природно-техногенной системы горно-металлургического комплекса Среднего Урала // Вестник КазНУ. – 2013. – № 2/2(38). – С. 320–324. – 0,25/0,08 п.л.

Почечун Виктория Александровнанын «Ортоңку Урал тоо- металлургия комплексинин жаратылыш - техногендик геосистемасына регионалдык геоэкологиялык талдоо» деген темада 25.00.36- геоэкология адистиги боюнча география илимдеринин доктору илимий даражасын алууга талаптанып жазылган диссертациясынын

Резюмеси

Өзөк сөздөр: жаратылыш – техногендик геосистема(ЖГТС), тоо- металлургиялык комплекс(ТМК), курчап турган чөйрөнүн компоненттери, оор металлдар, жаратылышты коргоо иш – чаралары, биогеохимиялык барьерлер, геосистемалык райондоштуруу.

Диссертациялык иште изилдөөчү объект катары Ортоңку Уралдын тоо-металлургиялык комплекс геосистемасы каралат. **Изилдөөнүн предмети** – интенсивдүү техногендик таасирлерде болгон жаратылыш чөйрөсү.

Иштин максаты: Тоо-металлургиялык комплексиндеги ишканалардын таасири астындагы жаратылыш - техногендик геосистемаларын экологиялык оптимизациялоо жана башкаруунун регионалдык көйгөйлөрүн чечүү үчүн пайдаланылган геоэкологиялык талдоонун методологиялык негиздерин иштеп чыгуу болуп эсептелет.

Иште курчап турган чөйрөнүн түрдүү компоненттеринин (топурак жаратуучу горизонт, топурак, кар катмары, агын суулар, биота) 6000ден ашык халькофилдик жана сидерофилдик үлгүлөрү пайдаланылган.

Лабараториялык шартта өнүгүүнүн түрдүү этабындагы миндеген *Drosophila melanogaster* жана балыктардын түрдүү индикациялык көрсөткүчтөрүндөгү бир нече миндеген түрлөргө анализ жүргүзүлгөн.

Изилдөөнүн натыйжаларын иштеп чыгуу процессинде маалыматтардын теориясынын негизи, графикалык моделдештирүү, тематикалык карта түзүү, биоиндикация, геоинформациялык жана программалык камсыздоодо көп факторлуу регрессиялык талдоолор колдонулат.

ЖГТСин абалын баалоо максатында регионалдык геоэкологиялык талдоонун илимий теориялык жана методологиялык абалы иште негизделген.

Ортоңку Уралдын ТМК ишканаларынын таасири астындагы курчап турган чөйрөнүн компоненттеринин азыркы абалына геоэкологиялык баа берилген. Биринчи жолу *Drosophila melanogaster* тест системасынын экологиясы үчүн регионалдык фон концентрациясы аныкталды жана берилген тест объектини геосистеманын биологиялык түзүүчүлөрүнүн экологиялык абалына баа берүү үчүн колдонуу мүмкүнчүлүгү далилденди. Тоо-металлургиялык ишканасынан чыккан таштандылардагы булганган элементтердин топтолуу, ташылуусун камтыган биогеохимиялык баланск эсеп жүргүзүлүп жаңы ыкма сунуш кылынган.

ЖГТСин экологиялык кырдаалын баалоочу критерийлер сунушталган. ТМК ишканаларындагы агын сууларды тазалоо үчүн биогеохимиялык барьерлерди пайдалануунун экономикалык эффективдүүлүгү жана үстөмдүк кылуусу далилденди.

Автордун теориялык иштелмелери жана практикалык сунуштары ТМК ишканаларында (ААК «Ортоңку Урал» жез эритүүчү завод, ААК «Төмөнкү Тагил металлургиялык», ААК «Урал гидромедь», ААК «Кировград жез эритүүчү комбинаты») колдонулат. 3 патент алынган. Курчап турган чөйрөнүн компоненттерин изилдөөнүн натыйжалары Свердлов областындагы экология жана жаратылыш ресурстары министирлигинде пайдаланылат. Изилдөө темасы боюнча 3 окуу куралы жарык көрүп жалпы экология, өнөр жай экологиясы, геоэкология боюнча лекциялык курстарда колдонулат.

Резюме

диссертации Почечун Виктории Александровны на тему «Региональный геоэкологический анализ природно-техногенной геосистемы горно-металлургического комплекса Среднего Урала» на соискание учёной степени доктора географических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология.

Ключевые слова: природно-техногенная геосистема, горно-металлургический комплекс, компоненты окружающей среды, тяжёлые металлы, природоохранные мероприятия, биогеохимические барьеры, геосистемное районирование.

В диссертационной работе в качестве объекта исследований рассматривается геосистема горно-металлургического комплекса Среднего Урала. Предмет исследований – окружающая среда, находящаяся под интенсивным техногенным воздействием.

Цель работы заключается в разработке методологических основ геоэкологического анализа, используемого при решении региональных проблем управления и экологической оптимизации природно-техногенной геосистемы (ПТГС), находящейся под воздействием предприятий горно-металлургического комплекса (ГМК).

В работе использовано более 6000 проб количественного анализа халькофильных и сидерофильных элементов различных компонентов окружающей среды (почвообразующего горизонта, почв, снежного покрова, поверхностных вод, биоты). В лабораторных условиях проанализировано несколько тысяч особей *Drosophila melanogaster* на разных этапах развития и рыб на разных индикационных показателях.

В процессе обработки результатов исследований использовались основы теории информации, графическое моделирование, тематическое картографирование, биоиндикация, геоинформационное и программное обеспечение, одномерная вариационная статистика, многофакторный регрессионный анализ.

В работе обоснованы научно-теоретические и методические положения регионального геоэкологического анализа с целью оценки состояния ПТГС. Дана геоэкологическая оценка современного состояния компонентов окружающей среды под воздействием предприятий ГМК Среднего Урала. Впервые установлены региональные фоновые концентрации для экологической тест-системы *Drosophila melanogaster* и доказана возможность использования данного тест-объекта для оценки экологического состояния биологической составляющей геосистемы. Предложен метод и проведен расчет биогеохимического баланса, включающий приход, накопление и вынос загрязняющих элементов из отходов горно-металлургических предприятий в компоненты природной среды. Предложен критерий оценки экологической ситуации ПТГС. Доказаны преимущество и экономическая эффективность использования биогеохимических барьеров для очистки поверхностных вод предприятий горно-металлургического комплекса (ГМК).

Теоретические разработки и практические рекомендации автора используются на предприятиях ГМК (ОАО «Среднеуральский медеплавильный завод», ОАО «Нижнетагильский металлургический комбинат», ОАО «Уралгидромедь», ОАО «Кировградский медеплавильный комбинат»). Получены 3 Патента. Результаты исследований компонентов окружающей среды используются в Министерстве природных ресурсов и экологии Свердловской области, Росприроднадзоре по УрФО.

По теме исследований изданы три учебных пособия, которые используются в курсах лекций по общей экологии, промышленной экологии и геоэкологии.

Summary

thesis of Pochechun Victoria Alexandrovna on "Regional geo-ecological analysis of natural-technogenic geosystems mining-metallurgical complex of the Middle Urals" on competition of a scientific degree of the doctor of geographical Sciences, specialty 25.00.36 – Geoecology.

Keywords: natural-technogenic geosystem, metals and mining sector, environmental components, heavy metals, environmental protection, biogeochemical barriers, geosystem zoning.

In the thesis as the object of research is considered geosystem mining and metallurgical complex of the Middle Urals. The research subject is the environment, which is under intensive technogenic impact. The aim of the work is to develop methodological foundations of geo-ecological analysis used in the solution of regional problems of management and environmental optimization of natural-technogenic geosystem (NTGS) under the influence of mining-metallurgical complex (MMC).

There are over 6000 samples quantitative analysis of chalcophile and siderophile elements in different environmental components (soil-forming horizon, soils, snow, surface water, biota). In the laboratory analyzed several thousand individuals of *Drosophila melanogaster* at different stages of development and fish in a variety of progress indicators.

In the process of processing the results of the studies used the framework of information theory, graphical modeling, thematic mapping, biological indicators, GIS, and software, one-dimensional variational statistics, multivariate regression analysis.

The article justifies theoretical and methodical provisions in regional geo-ecological analysis to assess the state NTGS. Given the geo-ecological estimation of modern condition of components of environment under the influence of MMC enterprises of the Middle Urals. For the first time established regional background concentration for the environmental test system of *Drosophila melanogaster* and proved the possibility of using this test object to assess the ecological status of the biological component of the biological system. The method and the calculation of the biogeochemical balance, including the arrival, accumulation and removal of pollutants from waste mining and metallurgical enterprises in the natural environment. Proposed assessment criteria environmental situation NTGS. Proven advantage and economic efficiency of biogeochemical barriers for the surface water treatment enterprises of mining-metallurgical complex (MMC). Theoretical developments and practical recommendations of the author are used at the enterprises of MMC. Received 3 Patents. The results of the studies of environmental components are used in the Ministry of natural resources and ecology of Sverdlovsk region.

Research published three textbooks for use in courses of lectures on General ecology, Industrial ecology and Geoecology.

Подписано в печать 11.04.2016. Формат 60×84 ¹/₁₆
Офсетная печать. Объем 2,75 п.л.
Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии ЧП «Сарыбаев Т.Т.»
г. Бишкек, ул. Раззакова, 49. т. 62-66-76
e-mail: talant550@gmail.com