

ВВЕДЕНИЕ

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

Горно-металлургический комплекс (ГМК) Среднего Урала создает свою техносферу, неуклонно замещая ею биосферу. Так, по данным Росстата, на долю горного производства приходится около 40% всех нарушенных земель, более 30% вредных выбросов в атмосферу и 10% объемов сточных вод. Добыча и переработка полезных ископаемых является одной из наиболее природоёмких отраслей народного хозяйства. Минеральные ресурсы Среднего Урала имеют длительную историю промышленного освоения с необычайно высокой для природных систем концентрацией тяжелых металлов, которые имеют высокую миграционную способность и заражают собой окружающую среду. Это относится к состоянию всех элементов ландшафта, включающих снежный покров, почвенный слой, природные воды и живое вещество.

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

Использование регионального геоэкологического анализа окружающей среды при освоении ресурсов недр позволит предотвратить или

минимизировать последствия техногенного воздействия горно-металлургического комплекса на компоненты природной среды и позволит решить такую оптимизационную задачу, как восстановление окружающей среды.

Результаты исследований В.Б. Сочавы, А.Д. Арманда, Н.Ф. Реймерса, А.Г. Исаченко, А.В. Позднякова, 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 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 природно-техногенной геосистемы III уровня, находящейся под воздействием предприятий ГМК.

Основные задачи исследования:

1. Обоснование использования системно-диалектической методологии как научной основы регионального геоэкологического анализа.
2. Изучение структуры природно-техногенной геосистемы III уровня с позиции регионального геоэкологического анализа, включающего изучение природных и техногенных элементов и характеристику современного состояния структуры.
3. Характеристика и анализ функционирования природно-техногенной геосистемы III уровня, включающего поступление и миграцию загрязняющих веществ в геосистему и, как следствие, изменение ее устойчивости.

4. Разработка управленческих решений по оптимизации экологического состояния природно-техногенной геосистемы III уровня на основе анализа ее возможного развития.

Исходные данные и методы исследований.

Для подтверждения возможности использования регионального геоэкологического анализа проведены многолетние (2003 – 2012 гг.) исследования ГМК Среднего Урала. Региональный геоэкологический анализ основывается на большом количестве данных литературных источников, фондовых, статистических и картографических материалов, данных мониторинга природной среды.

Значительная часть необходимой информации получена в процессе экспедиционных исследований с участием автора. В работе использовано более 6000 проб количественного анализа халькофильных и сидерофильных элементов различных компонентов окружающей среды (почвообразующего горизонта, почв, снежного покрова, поверхностных вод, растений и живых организмов). С целью установления фоновых концентраций элементов для тест-объекта исследована биохимия 500 проб *Drosophila melanogaster*. В лабораторных условиях проанализировано несколько тысяч особей *Drosophila melanogaster* на разных этапах развития, а также несколько десятков особей мелких млекопитающих и рыб на разных индикационных показателях.

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

В целом схема реализации геоэкологического анализа природно-техногенной геосистемы представлена на рис.1.

Научная новизна.

1. Обоснованы научно-теоретические и методические положения регионального геоэкологического анализа с целью оценки состояния природно-техногенной системы III уровня.

2. Предложен ряд новых трактовок понятий: региональный геоэкологический анализ, критерий оценки загрязнения окружающей среды, природно-техногенная геосистема ГМК, меднорудная геосистема III уровня, железорудная 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 природно-техногенной геосистемы III уровня использовано экологическое состояние мелких млекопитающих.

7. Предложен метод и проведен расчет биогеохимического баланса, включающий приход загрязняющих элементов из отходов горно-металлургических предприятий в компоненты природной среды (атмосферный воздух, природные воды, почвы, почвообразующий горизонт, растительность, живые организмы), а также накопление и вынос этих элементов из перечисленных компонентов окружающей среды.

8. Предложен критерий оценки экологической ситуации природно-техногенной геосистемы III уровня.

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

10. Проведено районирование территории, находящейся под воздействием шлаковых отвалов, которое показало необходимость внедрения системы экологического мониторинга этой территории для принятия управленческих решений.

Практическая значимость.

Теоретические разработки и практические рекомендации автора используются на предприятиях ГМК (ОАО «Среднеуральский медеплавильный завод», ОАО «Нижнетагильский металлургический комбинат», ОАО «УРАЛГИДРОМЕДЬ», ОАО «Кировградский медеплавильный комбинат», ОАО «Качканарский горно-обогатительный комбинат», ОАО «Святогор»). В настоящее время ведется внедрение биогеохимических барьеров на предприятии ОАО «УРАЛГИДРОМЕДЬ». Получен Патент на полезную модель №133826 от 27.10.2013 г. Результаты исследований геоэкологической оценки используются в Министерстве природных ресурсов Свердловской области, РОСТЕХНАДЗОРЕ по УрФО, РОСПРИРОДНАДЗОРЕ по УрФО, научно-исследовательских институтах, занимающихся проблемами экологии, а также при проведении НИР в рамках государственного задания на выполнение работ «Развитие методологии оценки и управления экологическими рисками на горных предприятиях».

По теме исследований изданы три учебных пособия: «Статистические методы в гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии», «Теория, методика и практика геоэкологической оценки окружающей среды горно-металлургических комплексов», «Учебная практика по геоэкологии, биоразнообразию и почвоведению», которые используются в курсах лекций по общей экологии, промышленной экологии и геоэкологии.

Личный вклад автора:

1. Разработка регионального геоэкологического анализа. Разработка программ полевых исследований в рамках хоздоговорных 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 ОАО «Ванадий», «Мониторинг экологического состояния компонентов окружающей среды района размещения ОАО «Святогор» и разработка СЗЗ», «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. Железянка и производственных вод предприятия «Уралгидромедь», с учетом предложенного регионального геоэкологического анализа.

2. Участие в полевых и лабораторных работах, камеральной и статистической обработке материалов.

3. Теоретическое обобщение и систематизация данных, увязка сложившейся экологической ситуации с технологическими особенностями предприятий горно-металлургического комплекса.

4. Расчет биогеохимического баланса, экологической и экономической эффективности использования биогеохимических барьеров, биоиндикационные исследования устойчивости изучаемой геосистемы, картографирование результатов исследований.

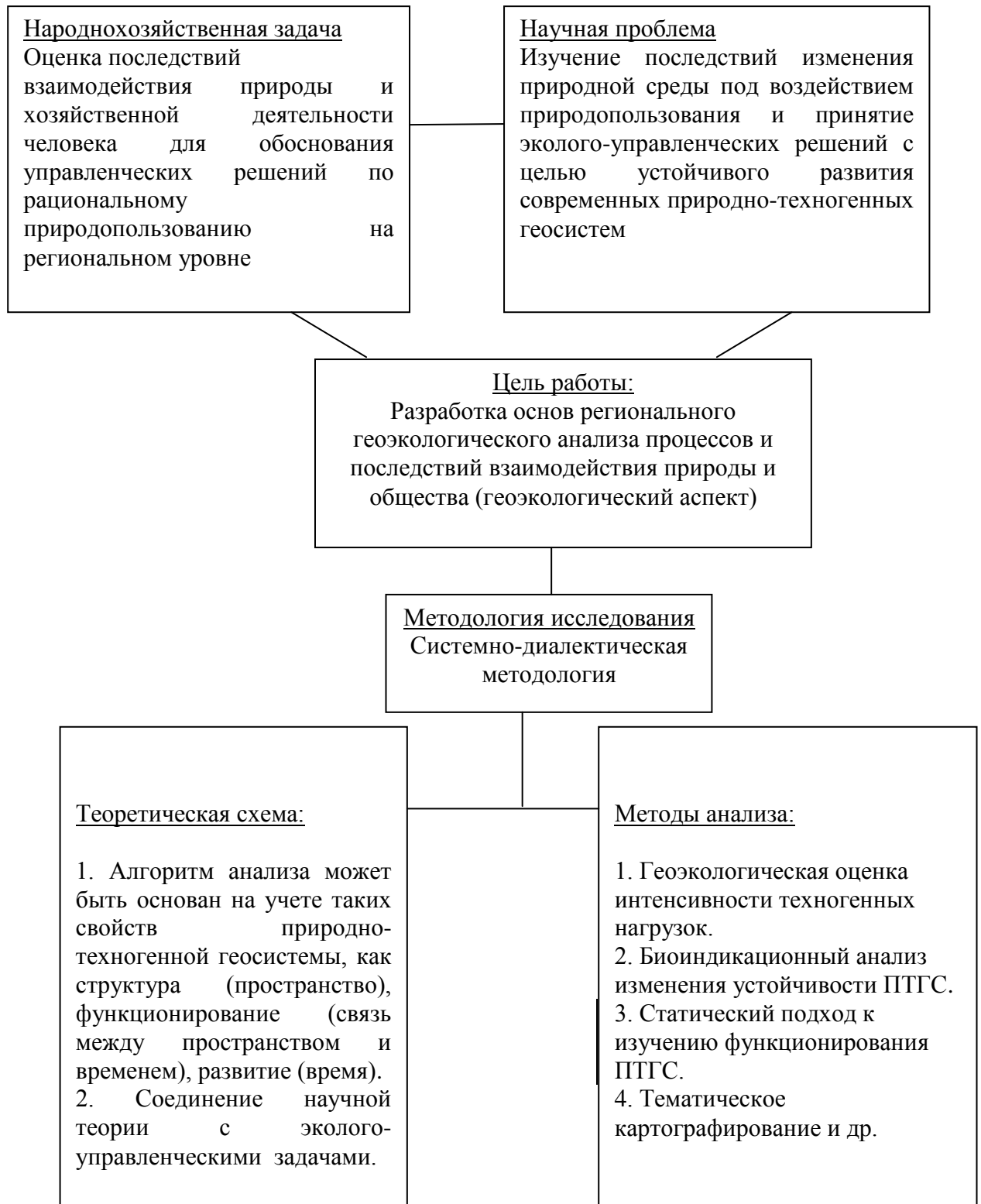


Рисунок 1 - Схема регионального геоэкологического анализа природно-техногенной геосистемы (сост. автором)

5. Моделирование в лабораторных условиях биогеохимических барьеров, графическое моделирование природоохранных мероприятий с учетом особенностей природных условий и технологических процессов.

6. Обоснование использования в качестве тест-объекта для биоиндикации загрязнения окружающей среды *Drosophila melanogaster* и выявление региональных фоновых концентраций загрязняющих элементов для живых организмов (*Drosophila melanogaster*).

Апробация и публикации.

Основные положения диссертации 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.

По теме диссертации подготовлено и опубликовано 43 работы, из них 4 монографии, 3 учебных пособия, 12 статей в центральных журналах из Перечня, рекомендованного ВАК РФ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 279 наименований. Работа изложена на 322 страницах текста, содержит 121 рисунок, 63 таблицы.

Содержание работы.

Во введении обосновывается актуальность исследований, сформулированы их цель и задачи, научная новизна и практическая значимость.

В первой главе «Геоэкологические исследования: теория и практика» произведен литературный обзор в области геоэкологической оценки состояния компонентов окружающей среды. Отмечены исследования различных авторов по изменению окружающей среды под антропогенным воздействием (В.И. Вернадский, 1934; А.Е. Ферсман, 1939), антропогенной миграции химических элементов (Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин, 1986), экологической геохимии элементов (В.В. Иванов, 1994), природной и техногенной металлоносности окружающей среды ГМК Урала (А.И. Семячков и др. 2001, 2007, 2008, 2009), атмосферной миграции загрязняющих элементов (Ю.Л. Мельчаков, В.Н. Удачин, 2009). Произведен также анализ литературы в области системного подхода. Отмечены работы авторов, изучавших объекты как систему или геосистему (Садовский, 1970, В.Б. Сочава, А.В. Поздняков, Б.В. Ряшко), структуру геосистемы (Арманд, 1975; Мильков, 1970), устойчивость структуры системы (Глазовская М.А., Одум Ю., Реймерс Н.Ф., Девяткова Т.М., Двинских С.А.), функционирование геосистемы (Исаченко, 1991; Мильков Ф.Н., 1986). Обоснована возможность изучения экологического состояния компонентов окружающей среды, находящихся под воздействием предприятий ГМК, как природно-техногенной геосистемы III уровня.

Во второй главе «Структура природно-техногенной геосистемы III уровня» представлена структура природно-техногенной геосистемы как триада взаимосвязанных между собой частей:

1. Природные элементы, характеризующиеся фоновыми концентрациями химических элементов в компонентах природной среды (почвах, атмосфере, подземных и поверхностных водах, растениях и живых организмах) и обусловленные геологическими условиями формирования пород и руд, проявившихся на различных стадиях геологического развития района, осложненные метаморфизмом, магматизмом. Индикатором экологического состояния природных компонентов структуры может служить почвообразующий горизонт.

2. Техногенные элементы – предприятия горно-металлургического комплекса, исследование и ранжирование которых по видам и интенсивности загрязнения показывают, что в зависимости от вида добываемого и перерабатываемого сырья, а также технологических процессов, в окружающую среду поступают различные ассоциации тяжелых металлов.

3. Природно-техногенные элементы структуры – результат взаимодействия природной и техногенной подсистем, которые образуют природно-техногенные геохимические аномалии. Эти аномалии определяют современное экологическое состояние геосистемы. Проведен анализ всех природно-техногенных компонентов геосистемы – атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв, растений и живых организмов на основе геоэкологической оценки. Доказана возможность использования при геоэкологической оценке состояния живых организмов в качестве биоиндикатора *Drosophila melanogaster*.

В третьей главе «Функционирование природно-техногенной геосистемы III уровня» рассматривается функционирование геосистемы как процесс трех взаимосвязанных между собой частей:

1. Поступление веществ в геосистему (в ГМК это поступление загрязняющих веществ в результате выбросов, сбросов, отходов). Проведена

экологическая оценка снежного покрова, показывающая интенсивность такого поступления.

2. Миграция загрязняющих веществ в геосистеме. Проведена оценка миграционной активности загрязняющих элементов и установлена взаимосвязь между компонентами природно-техногенной геосистемы.

3. Изменение устойчивости геосистемы. В качестве одного из информативных критериев показателя устойчивости в работе рассмотрено экологическое состояние мелких млекопитающих, находящихся под воздействием предприятия меднорудной промышленности. Выявлен механизм устойчивости природно-техногенной геосистемы на основе биогеохимического баланса загрязняющих элементов.

В четвертой главе «Развитие природно-техногенной геосистемы III уровня» рассмотрены пути возможного развития двух геосистем III уровня – меднорудной и железорудной. Развитие природно-техногенной геосистемы характеризуется ее современным состоянием.

Современное состояние меднорудной геосистемы оценено с помощью разработанных критериев, и оценка показала, что состояние водных объектов может быть охарактеризовано как «экологическое бедствие». Для улучшения экологического состояния необходимо внедрение природоохранных мероприятий. Оптимальным из возможных вариантов таких мероприятий являются биогеохимические барьеры. Эколого-экономическая оценка предложенной технологии защиты меднорудной геосистемы с помощью биогеохимических барьеров показала, что данная технология является инновационной в силу ее высокой экологической и экономической эффективности и возможности применения в любых природно-техногенных условиях.

Современное состояние железорудной геосистемы оценено на основе районирования, которое показало, что данная территория относится к

категории загрязнения «опасная». Для улучшения экологической ситуации необходима разработка природоохранных мероприятий, что возможно только на основе экологического мониторинга. В основу экологического мониторинга должно быть положено проведенное районирование данной территории.

В заключении диссертации сформулированы основные выводы и результаты проведенных исследований.

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, кандидату биологических наук, доценту кафедры зоологии УрФУ А.М. Марвину за поддержку. Автор сотрудничал при выполнении работы с экологической службой муниципального образования города Кировград, экологическими отделами ОАО «НТМК», ОАО «СУМЗ», ОАО «Уралгипромедь», Министерством природных ресурсов Свердловской области, где внедрены результаты исследований, а также Институтом экологии растений и животных УрО РАН. Всем этим организациям и их сотрудникам автор выражает благодарность.