

На правах рукописи

ЦЕШКОВСКАЯ Елена Анатольевна

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАБИЛИТАЦИИ
НАРУШЕННЫХ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ
ЗЕМЕЛЬ (НА ПРИМЕРЕ КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН)**

1.6.21 – Геоэкология (географические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата географических наук

Калининград – 2024

Работа выполнена на кафедре рационального природопользования
географического факультета Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Научный руководитель: **Голубева Елена Ильинична**, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры рационального природопользования географического факультета, ФГБОУ ВО Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Официальные оппоненты: **Бужмаков Сергей Алексеевич**, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой биогеоценологии и охраны природы, ФГАОУ ВО Пермский государственный национальный исследовательский университет
Булдакова Екатерина Валентиновна, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУН Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН

Ведущая организация: ФГБУН Институт географии Российской академии наук

Защита состоится 18 марта 2024 г. в 10.00 на заседании диссертационного совета 24.2.273.01 при ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта» по адресу: 236022, г. Калининград, ул. Чернышевского, д. 56, ауд. 22, e-mail: tikuznetsova@kantiana.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Балтийского федерального университета им. И. Канта (г. Калининград, ул. Университетская, д.2). Электронные версии диссертации и автореферата размещены на официальном сайте ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»: <https://kantiana.ru/postgraduate/dis-list/tseshkovskaya-elena-anatolevna/>

Автореферат разослан « ___ » января 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета, к.г.н.

Т.Ю. Кузнецова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Длительное техногенное воздействие при добыче полезных ископаемых приводит к обострению экологической обстановки во многих промышленных регионах мира, включая Республику Казахстан. В процессе ведения горных работ изымаются из оборота сельскохозяйственные земли, загрязняются все компоненты геосистем, утрачиваются естественные природные объекты, что негативно влияет на комфортность проживания и здоровье населения (Кошелева, Тимофеев, Касимов, 2019; Пузанов, 2007; Галанина, Любимова, 2010; Show и др., 2005; Reynolds и др., 2007). Нарушение ландшафтов происходит не только на стадии добычи полезных ископаемых, но и при обогащении, образуя накопители отходов, подверженные сильному пылению и негативно влияющие на природные геосистемы, превращая их в техногенные (Мочалов, Мосин, 2001; Ляшенко, Гурин, Топольный, Таран, 2010, 2017; Vosak, Popovych, 2020). Реабилитация нарушенных земель актуальна для индустриальных регионов с развитой добывающей промышленностью, к которым относится Карагандинская область Республики Казахстан. Сырьевая база региона способствует развитию горнодобывающей промышленности и сильному техногенному воздействию на компоненты окружающей среды. Восстановительные работы на нарушенных и деградированных землях позволяют возвращать в хозяйственный оборот экологически неблагополучные территории (Водолеев, Андреева, Захарова, Таргаева, 2018). При этом рекультивация является основой для реабилитации территорий. В процессе добычи полезных ископаемых и при восстановлении нарушенных земель важную роль играют геоэкологические факторы (Troll K., 1939; Козловский, Крашин, Шеко, 1989; Осипов, 1993).

Степень изученности проблемы. Теоретическая и методологическая база исследования представлена работами в области геоэкологии, ландшафтоведения, геохимии ландшафтов, устойчивости экосистем В.С.Преображенского, В.Б.Сочавы, С.П.Горшкова, К.Тролля, Б.Б.Полынова, В.А.Николаева, В.Н.Сукачева, А.Тенсли, Ф.Клементса, Н.А.Солнцева, Д.Л.Арманда, Ф.Н.Милькова, А.Г.Исаченко, М.А.Глазовской, И.А.Авессаломовой, Н.С.Касимова, И.В.Ивашкиной, Б.И.Кочурова; горной экологии М.Е.Певзнера; экологического проектирования К.Н.Дьяконова и др. Для промышленных регионов актуально установление экологических целевых показателей качества компонентов окружающей среды (Экологический кодекс РК, 2021), позволяющих производить оценку техногенного воздействия и прогнозировать развитие промышленности и урбанизированных территорий. Однако, в настоящее время этот механизм не используется в полной мере, что затрудняет и прогноз нарушений территорий, и выбор методов их восстановления.

Цель работы: выявить особенности воздействия добычи различных видов полезных ископаемых на геосистемы и разработать оптимальные решения реабилитации нарушенных земель Карагандинского региона Республики Казахстан.

Задачи:

1. Рассмотреть теоретические и методические основы оценки воздействия горнодобывающей промышленности на состояние земель при разработке месторождений полезных ископаемых на основе отечественной и зарубежной литературы.

2. Проанализировать природные и социально-экономические условия Карагандинского региона как предпосылки добычи полезных ископаемых, а также специфику её влияния на состояние геосистем.

3. На основе анализа статистических данных, результатов полевых и лабораторных исследований:

- определить наиболее информативные экологические показатели состояния геотехнических систем;

- оценить степень нарушения и загрязнения земель в зоне влияния разработки месторождений полезных ископаемых, в том числе и на урбанизированной территории (на примере г. Караганда).

4. Разработать оптимальные методы реабилитации земель, нарушенных горнодобывающей промышленностью.

Объект исследования – геотехнические системы месторождений полезных ископаемых Карагандинской области Республики Казахстан.

Предмет исследования - техногенная трансформация геосистем и возможные пути реабилитации земель, нарушенных добычей полезных ископаемых.

Научная новизна. В работе впервые проведен комплексный анализ геоэкологической обстановки, обусловленной техногенными процессами добычи полезных ископаемых в различных природных условиях Карагандинского региона; предложены оптимальные способы реабилитации нарушенных земель для различных типов геотехнических систем. Составлена матрица категории значимости техногенного воздействия и экологического состояния земель в районе деятельности горной промышленности. Матрица может быть основой для экологического мониторинга, установления границ санитарно-защитных зон (СЗЗ) и региональных целевых нормативов с учетом природного фона, привнесенного техногенного загрязнения и масштабов воздействия в районах добычи и переработки полезных ископаемых.

Практическая значимость. Проведенная в работе геоэкологическая оценка воздействия добычи полезных ископаемых на геосистемы может быть использована для усовершенствования экологической нормативной базы. Предложенный в работе метод рекультивации нарушенных земель, может применяться для восстановления геотехнических систем. Результаты исследований использованы Управлением природных ресурсов и регулирования природопользования Карагандинской области для комплексного геоэкомониторинга и разработки целевых показателей качества окружающей среды региона. Материалы работы используются в лекционных курсах КарГУ имени Абылкаса Сагинова. По исследованиям получен патент РК «Способ флотации сульфидных медных руд» №33209.

Фактический материал и методы исследования. В исследовании использованы государственные доклады и статистические ежегодники об экологическом состоянии Казахстана; результаты натурных исследований автора, проведенных в рамках выполнения НИР по разработке целевых показателей качества окружающей среды Карагандинской области и по исследованиям эффективного способа пылеподавления на накопителях промышленных отходов Жезказганского региона; темы госзадания кафедры рационального природопользования географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова «Теория и практика рационального природопользования для устойчивого развития территорий». Исследования базировались на экосистемной основе и проводились на границах СЗЗ объектов горнодобывающей деятельности с учетом их пространственного положения и истории эксплуатации. При оценке воздействия горных работ сравнения проводились как с ПДК загрязняющих веществ, так и с существующими геохимическими аномалиями и фоновым содержанием. В работе использовались сравнительно-географический, ландшафтно-геохимический, геоинформационный, картографический, статистический методы, программные пакеты MSExcel, AdobePhotoshop, SAS-Planet, GoogleEarthPro, Surfer, расчеты рассеивания загрязнений.

Положения, выносимые на защиту:

1. Особенности и скорость проявления последствий добычи полезных ископаемых на геосистемы зависят от природных условий Карагандинской области и технологии разработки месторождений:

- резко континентальный климат, ветровой режим, дефицит влаги, разреженный растительный покров степей, пустынь, полупустынь способствуют активной ветровой эрозии и распространению загрязнения;

- природные геохимические аномалии по содержанию в почве Cu, Zn, Mo, Pb, Fe формируют региональный фон, что обуславливает необходимость разработки региональных целевых нормативов;

- характерный для региона открытый способ добычи полезных ископаемых, доминирующий над шахтным, определяет особенности и площади нарушения геосистем.

2. Для оценки экологического состояния геотехнических систем Карагандинской области наиболее информативным является анализ элементного состава почвы с учетом типа месторождения по следующим ассоциациям веществ: Pb, Zn, As (1 класс опасности); Cu, Co, Sb, Ni (2 класс опасности); Mn, V, Sr (3 класс опасности) и S.

К высокой категории значимости воздействия на геосистемы относятся золоторудное, угольное месторождения и отвалы обогащения медной руды; к средней категории – железорудные месторождения. По экологическому состоянию (с учетом суммарного показателя загрязнения почвы) золоторудное месторождение оценивается в диапазоне от опасного к критическому, железорудные - от допустимого к критическому, угольное – от допустимого к опасному, отвалы обогащения медной руды – граничит с катастрофическим.

3. Оптимальное направление восстановления нарушенных земель Карагандинского региона - создание модифицированных геотехнических систем: водоемов, фиторекультивированных отвалов и хвостохранилищ, пригодных в дальнейшем для использования в целях рекреации и сельского хозяйства. Превентивный этап, предшествующий рекультивации хвостохранилищ - применение анти-эмиссионных покрытий на пылящих участках, с целью исключения вторичного загрязнения земель.

Соответствие паспорту специальности. По своей направленности исследование соответствует специальности 1.6.21– Геоэкология (географические науки) по пунктам 1.6, 1.7, 1.8, 1.10 и 1.16.

Апробация и внедрение результатов исследования. Результаты исследования докладывались на международных конференциях «Рациональное природопользование: традиции и инновации» МГУ (2017, 2022); «Сагиновские чтения» КарТУ (2017-2022); «Актуальные проблемы экологии и природопользования» РУДН г.Москва (2017-2023), на Международном Форуме «Природопользование и сохранение всемирного природного наследия» г.Санкт–Петербург (2022) и др.

Публикации. По теме опубликовано 25 статей, в том числе 7 в библиографической базе SCOPUS и в журналах из списка рекомендуемых ВАК РФ.

Благодарности. Автор благодарна научному руководителю профессору, д.б.н. Е.И.Голубевой за постоянное внимание и помощь; профессорам географического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова, д.г.н. А.В.Евсееву и д.э.н. С.Н.Кириллову, в.н.с., к.г.н. Г.Д.Мухину, профессору БФУ им.И. Канта, д.г.-м.н. Е.В.Краснову за ценные замечания и рекомендации; коллективам кафедры рационального природопользования географического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова и горного факультета КарГУ им.А.Сагинова, ТОО «Эко-эксперт» за советы и конструктивную критику.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 4-х глав, заключения, списка литературы и приложения. Основная часть изложена на 163 стр., включает 35 таблиц, 104 рисунка, карт и приложения на 19 стр. Библиографический список содержит 222 источника, в том числе 50 на иностранных языках.

Основное содержание

Глава 1. Теоретические и методические основы оценки воздействия горнодобывающей промышленности на состояние геосистем месторождений полезных ископаемых

Проблемы охраны окружающей среды при ведении горных работ не могут быть эффективно решены без учета географического положения месторождений. Сегодня одно из перспективных направлений – рациональное размещение предприятий и установление СЗЗ с учетом геоэкологических условий. Экологический мониторинг компонентов окружающей среды невозможен без разграничения природных геохимических аномалий и техногенного химического воздействия. Оценку воздействия горного производства на геосистемы необходимо проводить, начиная с этапа разведки полезных ископаемых и вплоть до завершения эксплуатации месторождения на источниках загрязнения, на границе СЗЗ и за ее пределами (Комащенко, 2010; Jiang Yu, Zhiyong Huang, 2011; Ruichao Guo, Xingyuan He, 2013). Несмотря на то, что подземная отработка является более щадящей, не исключается действие породных отвалов на компоненты окружающей среды (Прохоров, Сушков, 2018). Влияние на ландшафты не прекращается и после ликвидации добывающих предприятий, что также подлежит исследованиям (Стоянова, 2013; Васильев и др., 2016; Усманова и др. 2014; Syed Maqbool Geelani, 2013; Галанина и др., 2010; Пузанов, 2007; Несговорова и др., 2017). Одно из основных требований к горнодобывающей деятельности – соблюдение экологических законодательных норм. В 2007 году вступил в действие Экологический Кодекс РК (ЭК РК), с выходом которого утратили свою силу законы «Об охране окружающей среды», «Об охране атмосферного воздуха», «Об экологической экспертизе» (ЭК РК, 2007). В 2021 году введен в действие новый

ЭК РК. Несмотря на наличие обширной литературы об индикации промышленных загрязнений, существует недостаток информации о долгосрочных загрязнениях земель, риске, определении референтных показателей, учитывающих геоэкологические, социальные и экономические условия конкретных территорий и источников загрязнения, а также методах реабилитации земель, нарушенных добычей полезных ископаемых.

Глава 2. Природные и социально-экономические условия Карагандинской области: предпосылки развития горнодобывающей отрасли и геоэкологические последствия

Климат Карагандинского региона резко континентальный. Зима холодная, продолжительная; лето жаркое, засушливое, ветреное (СП РК 2.04-01-2017; https://karaganda-region.gov.kz/ru/region_1_3). Преобладают степные, полупустынные и пустынные ландшафты. Горнодобывающая промышленность занимает ведущее положение в Республике не только по действующим, но и по проектируемым объектам. Среди регионов РК наибольшая площадь нарушенных земель находится в Карагандинской области (45 тыс. га) (Национальный доклад, 2020). Большинство избыточных эколого-геохимических аномалий меди находится в пределах Казахского мелкосопочника. Площадь отдельных аномалий варьируется от 635 до 8046 км² (Серых и др., 2009). Географические факторы региона определяют разреженный растительный покров и высокую ветровую активность, что способствует распространению загрязнителей, ветровой эрозии почв и пылению.



Рисунок 1 – Техногенные ландшафты (фото автора)
а) отвал вскрышной породы; б) хвостохранилище отходов обогащения медной руды.

Влияние оказывают существующий естественный геохимический фон и последствия открытого способа добычи. Помимо эстетического преобразования рельефа, наблюдается загрязнение почв и формирование техногенных ландшаф-

тов с карьерно-отвальными геокомплексами горнодобывающих производств (рис.1).

Объекты и методы исследования

Объекты. Для оценки воздействия горнодобывающей промышленности на геосистемы рассмотрены золоторудное, два железорудных, угольное месторождения полезных ископаемых и отвалы отходов обогащения медной руды, расположенные в различных частях Карагандинского региона (рис.2, табл.1).

Методы. Отбор проб на границе СЗЗ исследуемых месторождений и обработка полученных результатов основывались на действующих методиках (СТ РК 2.297-2014, ГОСТ 28168-89, РНД 03.1.0.3.01-96, РНД 03.3.0.4.01-96, РНД 03.3.0.4.01-95), лабораторные исследования проводились атомно-эмиссионным, рентгено-флуоресцентным методами.

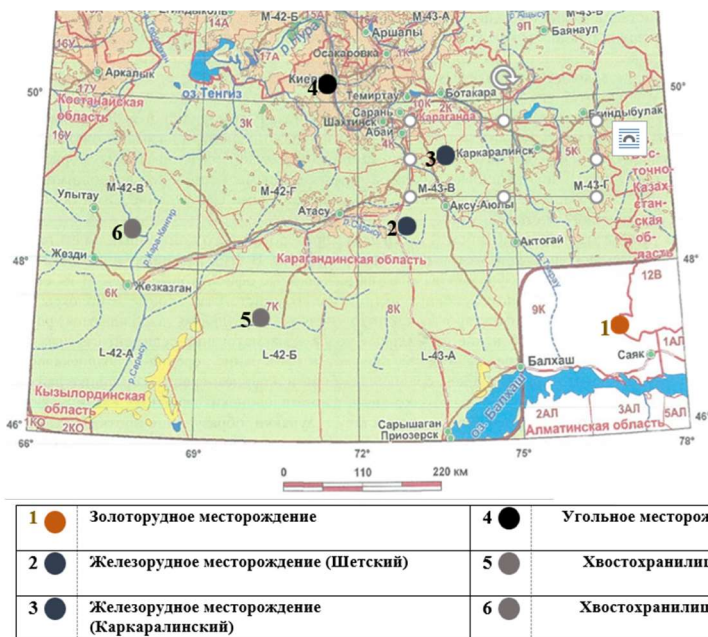


Рисунок 2 – Исследуемые месторождения.

Таблица 1 – Характеристика исследованных месторождений

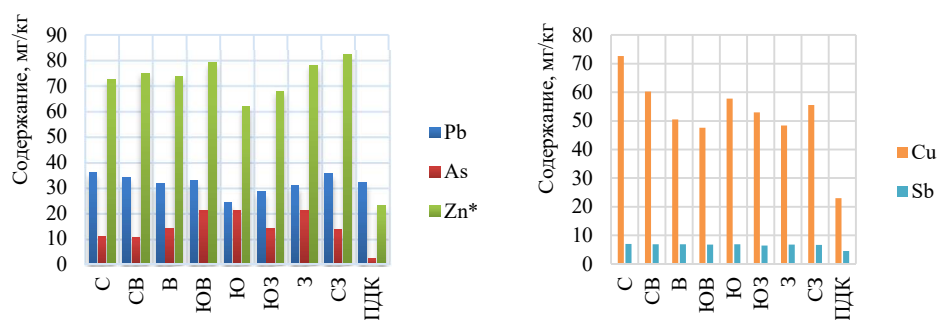
Тип месторождения, площадь, способ добычи, производительность	Расположение месторождения, начало эксплуатации (год)	Природные условия		Основные источники воздействия
		Природная зона и климат	Рельеф, водные объекты	
Золоторудное 36 га, открытый, 2,5 млн.т/год	Актогайский район; 79 км от г. Балхаша, 16 км от ж/д станции Акжайдак, 2012 г.	Пустынная; резко континентальный, сухой	Слабоволнистая равнина, оз. Балхаш -18 км	Карьер, хвостохранилище, отвалы
Железородное, 164 га, открытый, 3 млн.т/год	Шетский район; в 7 км от ж/д развезда Аркалы, 2010 г.	Степная; резко континентальный, засушливый	Мелкосопочный с общей тенденцией понижения на востоке и юго-востоке; плесы р.Чажогай и р.Сарыбулак	ГОК, карьер, отвал, хвостохранилище
Железородное, 437 га, открытый, 2,5 млн.т/год	Каркаралинский район; 8 км от поселка Карагайлы, в 25 км от г. Каркаралинск, 1983 г.	Степная; резко континентальный, умеренно засушливый	Низкогористый, холмистый; пересохшее русло р.Кадыр	Карьер, отвал
Угольное, открытый, 7000 га, 10 млн.т/год	Нуринский район; 19 км от поселка Шубарколь, 1986 г.	Степная; резко континентальный, засушливый	Мелкосопочник; пересыхающая р.Кызылжар	Угольный разрез, породный отвал
Отвалы обогащения медной руды: площадь пылящей поверхности: хвостохранилище I - 573 га; хвостохранилище II - 376 га	Жезказганский район: Хвостохранилище I: 4 км от города Жезказган. Хвостохранилище II: 5 км от г. Сатпаев. 1954 г.	Полупустынная; резко континентальный, сухой	Мелкосопочник с чередованием мелких возвышенностей с понижениями; р. КараКенгир – 2км	Хвостохранилища

Для определения степени загрязнения компонентов геосистем использована бальная оценка пространственного, временного масштаба и интенсивности изменения природной среды и определена категория (степень) значимости воздействия

(КЗВ) (Скольский, 2010). На основе анализа содержания загрязняющих веществ в почве (валовое содержание и подвижные формы) дана оценка экологического состояния земель (РНД 03.3.0.4.01-96) по суммарному показателю загрязнения (СПЗ) и по превышению ПДК (ППДК) загрязняющих веществ. Общую загрязненность почвы характеризует валовое содержание в ней тяжелых металлов. Однако, доступность элементов для растений определяется их подвижными формами. Содержание в почве подвижных форм тяжелых металлов - важный показатель, характеризующий санитарно-гигиеническую обстановку (Ильин, 1991). Сравнение полученных результатов проводилось с ПДК подвижной формы и валового содержания веществ.

Глава 3. Геоэкологические аспекты воздействия разработки месторождений полезных ископаемых на природную среду Карагандинской области

Золоторудное месторождение Актогайского района. В атмосферном воздухе проводились замеры оксида серы, оксидов азота, оксида углерода, оксида железа, пыли неорганической (40 замеров), превышений ПДК не обнаружено. Сточные воды поступают в систему оборотного водоснабжения для использования в производственных целях, открытых водотоков нет. **В почвах** исследованы следующие ассоциации загрязняющих веществ (19 проб): Hg, Pb, Be, Cd, Zn, As; Cu, Mo, Co, Sb; Mn, Ti, Ba, V, Sr; P, S. Максимальное содержание отмечено по веществам 1 класса: As-10ПДК, Zn – 3,5ПДК, Pb – 1,2ПДК; 2 класса: Cu – 3,1ПДК, Sb -1,5ПДК; 3 класса: Mn – 1,6ПДК и S - 7,8ПДК (рис.3).



а) свинец, мышьяк, цинк (I класс)

б) медь, сурьма (II класс)

Рисунок 3 – Содержание основных загрязняющих веществ в почве на границе СЗЗ по 8-ми румбам.

Суммарный показатель загрязнения почв по румбам, рассчитанный по содержанию основных элементов (Zn, Pb, As, Cu) с учетом их ПДК, находится в диапазоне от допустимого, приближенного к опасному и опасном состояниях (рис.4). Экологическое состояние месторождения по СПЗ, рассчитанному по

средним концентрациям элементов, приближается к опасному. **Состояние окружающей среды месторождения по СПЗ с учетом фоновых концентраций соответствует допустимому (рис.4).**

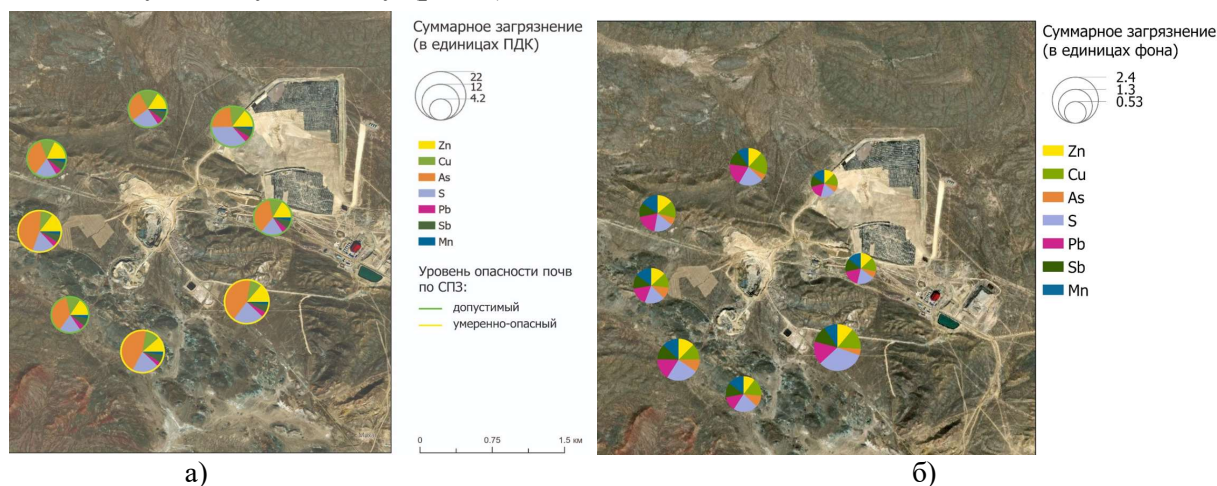


Рисунок 4 – Распределение загрязняющих веществ в почве СЗЗ золоторудного месторождения Актогайского района: а) СПЗ почв по румбам, рассчитанный с учетом ПДК; б) СПЗ почв по румбам с учетом фоновых концентраций.

По превышению ПДК веществ 1 и 2 классов опасности (As, Zn, Pb, Cu, Sb) экологическое состояние почв месторождения переходит в критическое. Однако, необходимо отметить, что по карте эколого-геохимических аномалий Актогайский район расположен в зоне избытка меди, свинца, цинка, в связи с чем их фоновое содержание в почве высокое - 48 г/т, 25 г/т, 80 г/т соответственно (Серых и др., 2009). Опасное состояние почв месторождения по румбам соответствует преобладающим направлениям ветра, характерным для Актогайского региона. Скорость ветра по средним многолетним данным повторяемость превышения которой составляет 5% равна 9 м/сек. Распространение загрязнения зависит от локальных физико-географических особенностей территории.

Железорудные месторождения Шетского и Каркаралинского районов. Основные выбросы в атмосферу происходят в результате ведения добычных работ и обогащения: пыль неорганическая, оксид углерода, оксиды азота, оксид серы. Концентрации загрязняющих веществ не превысили установленные допустимые значения. Анализ карьерной воды (9 проб) показал, что концентрации загрязняющих веществ обоих месторождений находятся в следующих пределах соответственно Шетского и Каркаралинского районов: биологическое потребление кислорода (БПК₅) – 0,5ПДК и 0,4ПДК, нефтепродукты – по 0,5ПДК, сухой остаток – 0,6ПДК и 1,04ПДК, нитраты – 1,9ПДК и 3ПДК, железо общее – 0,3ПДК и 0,02ПДК. Для снижения концентрации взвешенных веществ вода отстаивается

в зумпфе. **Анализ почвы** (24 пробы) по составу элементов проводился на содержание: V, Mn, Cu, Ni, Pb, Zn. Концентрации химических элементов не достигают установленных ПДК за исключением Cu-1,4ПДК и 3ПДК; Zn-3ПДК и 4ПДК на месторождениях Шетского и Каркаралинского районов соответственно (рис.5).

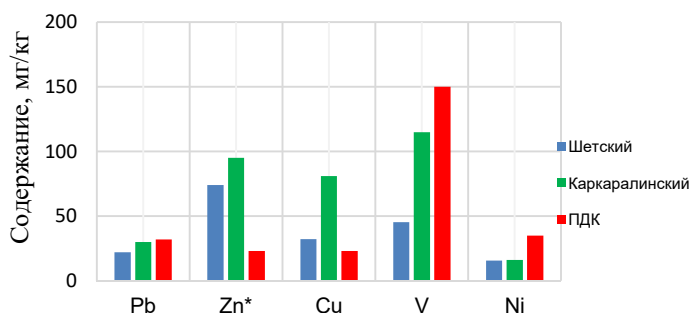


Рисунок 5 - Содержание загрязняющих веществ в почве на границе СЗЗ месторождений. Примечание: * - сравнение проводилось с ПДК подвижной формы цинка в почве.

Суммарный показатель загрязнения почв по румбам, рассчитанный по содержанию основных элементов (Zn, Cu) с учетом их ПДК, находится в диапазоне допустимого экологического состояния на обоих месторождениях

(рис.6). На месторождении Каркаралинского района СПЗ несколько выше, чем Шетского.



а) месторождение Шетского района

б) месторождение Каркаралинского района

Рисунок 6 - Распределение загрязняющих веществ в почве СЗЗ железорудных месторождений: а) СПЗ почв по румбам, рассчитанный с учетом ПДК месторождения Шетского района; б) СПЗ почв по румбам с учетом ПДК Каркаралинского района.

Состояние окружающей среды месторождений по СПЗ с учетом фоновых концентраций соответствует допустимому. Однако, по превышению ПДК Zn (1 класс опасности) и Cu (2 класс опасности) экологическое состояние погранично между опасным и критическим на территории обоих месторождений. Это связано с природными зонами превышения содержания цинка, совпадающей с аналогичными зонами меди по картам эколого-геохимических аномалий Центрального Казахстана (Серых и др., 2009). Наиболее высокие концентрации соответствуют преобладающим направлениям ветра, характерным для Шетского и

Каркаралинского районов. Скорость ветра по средним многолетним данным, повторяемость превышения которой составляет 5% равна 4 м/сек. Физико-географические особенности территорий способствуют сохранению диапазона допустимого экологического состояния на месторождениях в данных районах.

Шубаркольское угольное месторождение самое длительно и непрерывно эксплуатируемое месторождение из рассматриваемых. **Замеры загрязняющих веществ в воздухе** проводились от зоны активного загрязнения возле источников (24 точки) постепенно удаляясь к границам СЗЗ (10 точек) и за ее пределами (3 точки). Наибольший вклад в загрязнение воздуха вносят пыль и оксид углерода.

В карьерных водах, отходящих в пруд-испаритель, анализировалось содержание взвешенных веществ, БПК_{полн.}, сульфатов, хлоридов, азота аммонийного, нитратов, нитритов, нефтепродуктов, кадмия и мышьяка. По результатам анализов (9 проб) вода считается условно чистой. **Анализ почвы** (8 проб) проводился на содержание Mn, Pb, Ni, Cu, Zn, V (рис.7). **Суммарный показатель загрязнения почв по румбам, рассчитанный по содержанию основных элементов (Zn, Cu, Pb)** с учетом их ПДК соответствует допустимому экологическому состоянию (рис.8).

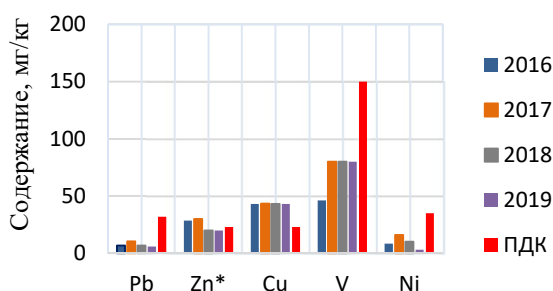


Рисунок 7 - Содержание загрязняющих веществ в почве на границе СЗЗ месторождения. Примечание: *-сравнение проводилось с ПДК подвижной формы элемента в почве.

Суммарный показатель загрязнения почв по румбам, рассчитанный по содержанию основных элементов (Zn, Cu, Pb) с учетом их ПДК соответствует допустимому экологическому состоянию (рис.8).

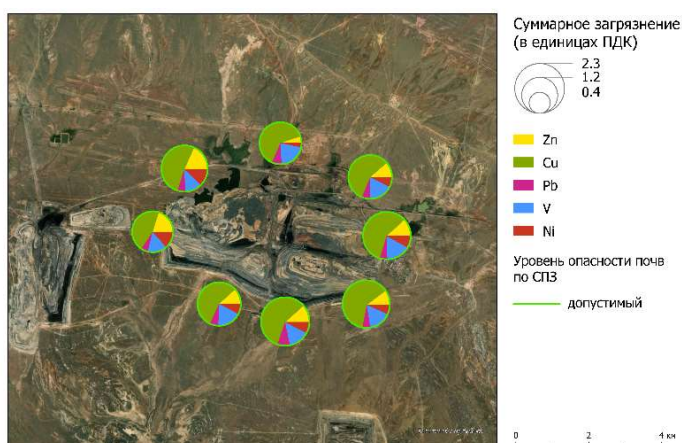


Рисунок 8 - Распределение загрязняющих веществ в почве СЗЗ Шубаркольского месторождения (с учетом ПДК).

наблюдается превышение содержания концентрации Zn, Cu 1,3ПДК и 1,8ПДК соответственно (рис.7, 8).

Наибольшие концентрации совпадают с преобладающими направлениями ветра в южном, северном, северо-восточном направлениях по меди, южном и юго-западном по цинку. Скорость ветра по средним многолетним данным, повторяемость превышения которой составляет 5% равна 9 м/сек. Распространение загрязнения зависит от локальных физико-географических особенностей территории, а также от длительности разработки месторождения.

Хвостохранилища отходов обогащения медной руды. С целью оценки воздействия накопителей отходов обогащения полезных ископаемых на природные системы исследовано состояние атмосферного воздуха, воды, почвы, снега, растительности на территории двух хвостохранилищ. Для сопоставления загрязнителей в компонентах окружающей среды исследовался состав пыли по 41 элементу; солевой состав талой воды по 11 показателям; сухой остаток снеговых проб по 15 элементам; почвы на содержание 21 химического элемента в верхнем и нижнем слоях; растительный покров на содержание 41 элемента (основные: Cu, Pb, V, Zn, Co). Наиболее информативные – показатели состояния воздуха и почвы. Пылевая нагрузка на рельеф определена по количеству пыли, содержащейся в снежном покрове и усредненная на весь период снегостава: например, Zn в фоновой точке - 288 г/км², на границе СЗЗ - 813 г/км². Cu, Fe, Mn, Pb, Zn имеют наиболее высокий коэффициент поступления в снеговой покров в точках опробования на границе СЗЗ хвостохранилищ. Анализ почвы (18 проб) проводился на содержание химических элементов в верхнем (0 – 5 см) и нижнем слое почвы (10 – 15 см) на границе СЗЗ. В пределах ПДК находится содержание Sb, Mn, Ni, V. Прослеживается повышение концентраций порядка 3ПДК Pb, 8ПДК Zn, от 2 до 7ПДК Co, от 7 до 11ПДК Cr, что является следствием пыления хвостохранилищ, от 8 до 27ПДК Cu в связи с аномальным геохимическим фоном (Серых и др., 2009) (рис. 9).

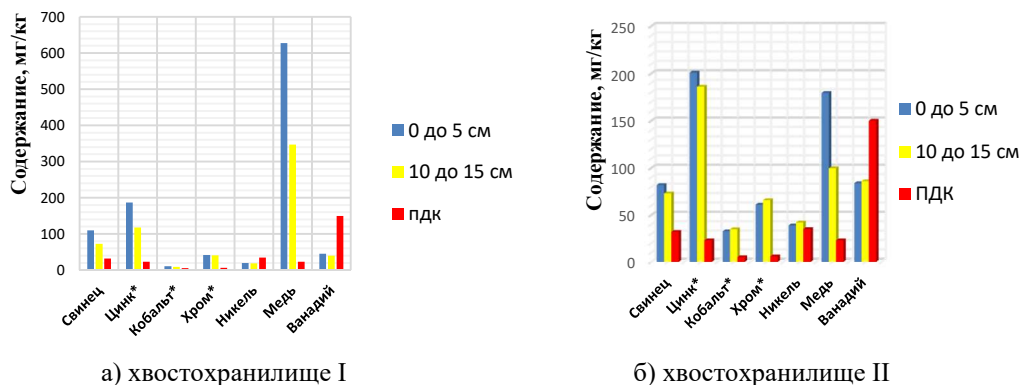


Рисунок 9 - Содержание элементов в верхнем и нижнем слое почвы на СЗЗ хвостохранилищ. Примечание: *- сравнение проводилось с ПДК подвижной формы элементов в почве.

Суммарный показатель загрязнения почв по румбам, рассчитанный по содержанию основных элементов (Zn, Pb, Cu) с учетом их ПДК, находится в диапазоне от опасного к критическому. Экологическое состояние территории хвостохранилищ по СПЗ, рассчитанному по средним концентрациям элементов, приближается к критическому. Состояние окружающей среды по СПЗ с учетом фоновых концентраций приближается к опасному состоянию (рис.10-13).

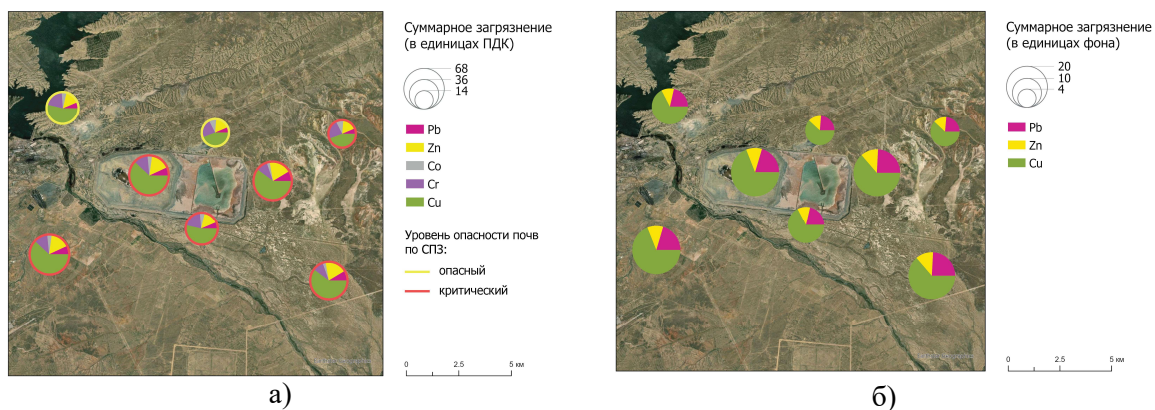


Рисунок 10 - Распределение загрязняющих веществ в почве СЗЗ хвостохранилища I на глубине 0-5 см: а) СПЗ почв по румбам, рассчитанный с учетом ПДК; б) СПЗ почв по румбам с учетом фоновых концентраций.

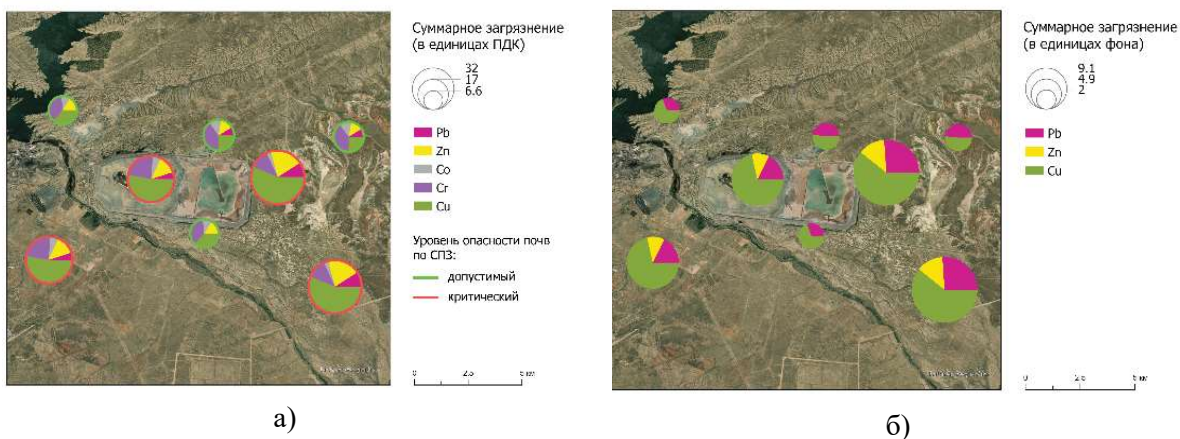


Рисунок 11 - Распределение загрязняющих веществ в почве СЗЗ хвостохранилища I на глубине 10-15 см: а) СПЗ почв по румбам, рассчитанный с учетом ПДК; б) СПЗ почв по румбам с учетом фоновых концентраций.

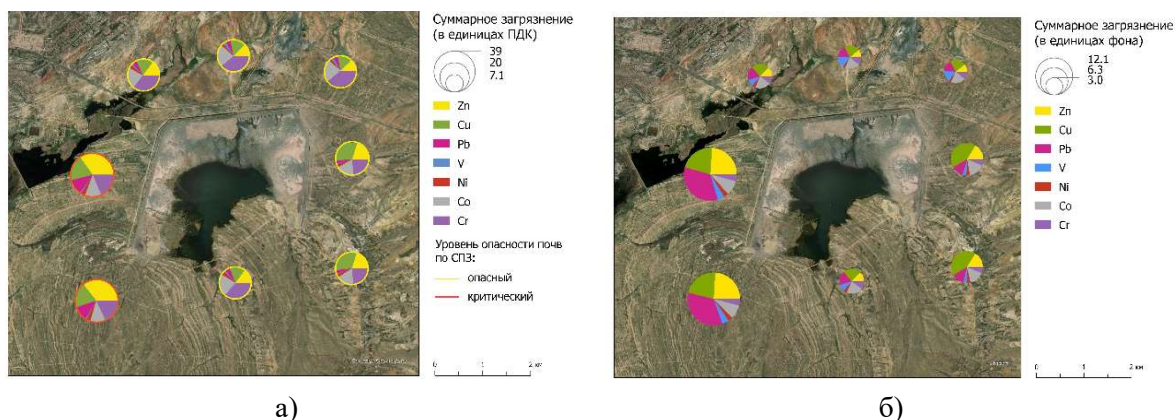


Рисунок 12 - Распределение загрязняющих веществ в почве СЗЗ хвостохранилища II на глубине 0-5 см: а) СПЗ почв по румбам, рассчитанный с учетом ПДК; б) СПЗ почв по румбам с учетом фоновых концентраций.

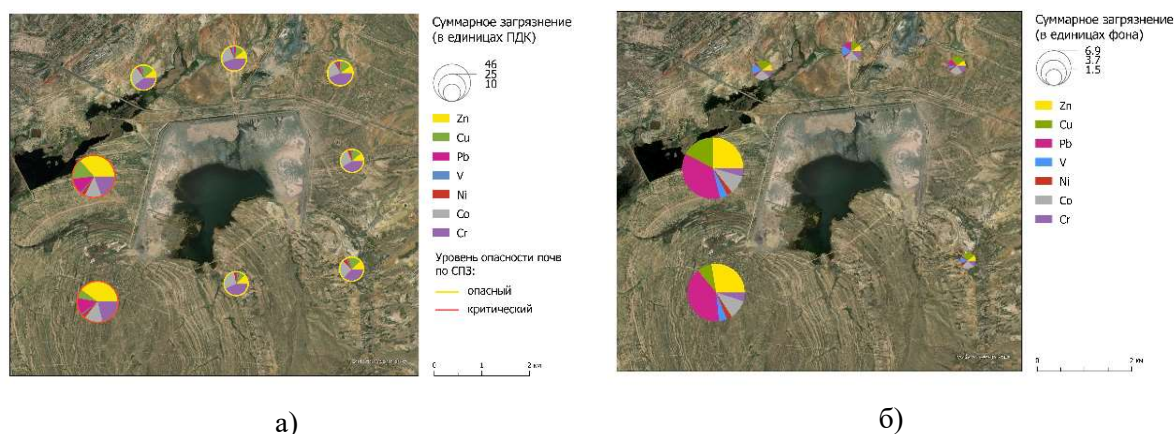


Рисунок 13 - Распределение загрязняющих веществ в почве хвостохранилища II на глубине 10-15 см: а) СПЗ почв по румбам, рассчитанный с учетом ПДК; б) СПЗ почв по румбам с учетом фоновых концентраций.

По превышению ПДК веществ 1 (Pb, Zn) и 2 (Cu) классов опасности экологическое состояние почв месторождения переходит в катастрофическое. Наибольшие концентрации совпадают с преобладающими направлениями ветра в восточном, западном, юго-западном направлениях. Средняя скорость ветра по многолетним данным, повторяемость превышения которой составляет 5% равна 7 м/сек. При усилении ветра (10 м/с) мелкая фракция отходов обогащения легко взматается, отмечается значительное влияние хвостохранилища за пределами СЗЗ. Распространение загрязнения зависит от локальных физико-географических особенностей территории, длительности и технологических условий складирования отходов. Территория вокруг хвостохранилища II по СПЗ является менее загрязнённой, чему способствует наличие небольшого образовавшегося водоёма из осветленной воды на его поверхности и влажное состояние отходов.

Техногенное воздействие на рассматриваемых участках приводит к значительному нарушению естественных ландшафтов, практически полностью их изменяя. По экологическому состоянию золоторудное месторождение оценивается в диапазоне от опасного к критическому, железорудные - от допустимого к критическому, угольное – от допустимого к опасному, отвалы обогащения медной руды – граничит с катастрофическим (рис.14).



Рисунок 14 – Оценка геоэкологического состояния исследованных месторождений.

Глава 4. Оптимальные пути реабилитации геосистем, нарушенных горнодобывающей промышленностью в Карагандинской области



Рисунок 15 - Растительный покров на нарушенных территориях (фото автора): а) – накопитель, незарастающий десятилетия; б) – самозарастание насыпи.

На нарушенных горными разработками землях восстановление растительного покрова обуславливается природными почвенно-климатическими условиями и составом техногенного грунта (рис.15).

Исследуемый в качестве модели для рекультивационных работ участок Шубаркольского месторождения угля представляет собой асимметричную мульду (рис. 16). Для выбора оптимального решения реабилитации нарушенных земель месторождения были рассмотрены геоэкологические условия его территории, проанализированы различные варианты рекультивации после добычи угля открытым способом. Приняты во внимание не только снижение экологической напряженности и максимальное восстановление биосферных функций геосистем,

но и улучшение социально-экономического состояния района. Как показали проведенные исследования, необходима комбинация методов реабилитации нарушенных земель.



Рисунок 16 – Шубаркольский угольный разрез (снимок Google Earth Pro, 2022).

Расчетный объем модельного угольного карьера на момент завершения отработки составит 445,5 млн. м³. Прогнозируемая площадь нарушенных земель составит порядка 1771 га, из них почти 90% приходится на карьерную выемку и внешний отвал вскрышных пород.

Для рекультивации и дальнейшего использования отработанного карьера предложено создание водоема. Учитывая климатические условия и слабый водоток, необходимо уменьшить объем выемки с помощью отсыпки дна грунтом с последующим выполаживанием откосов карьера (рис.17). Для устранения опасности эрозионных процессов и преобразования незатопленной части карьера в местах посадки зеленых насаждений, рекомендовано проведение террасирования склонов. Посадка растений обеспечит задержание влаги, укрепление бортов и склонов отвалов, улучшит эстетическое восприятие объекта и биосферную функцию преобразованного ландшафта.

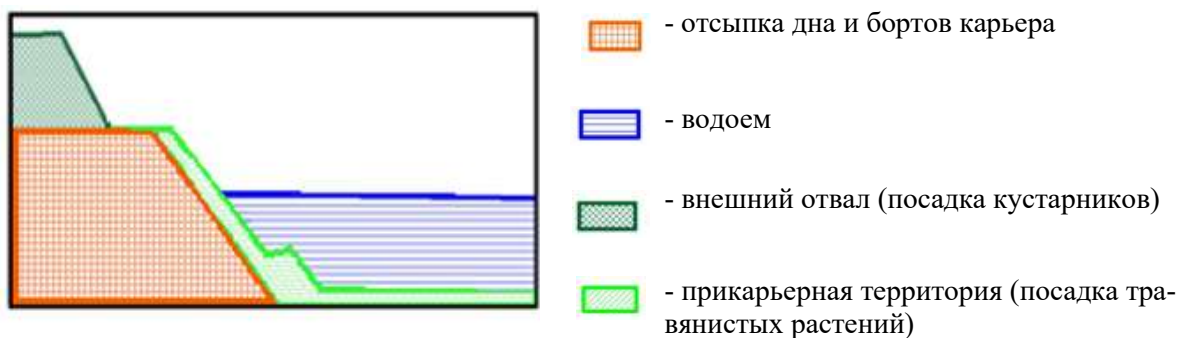


Рисунок 17-Участок карьера и прилегающей территории после проведения рекультивации.

Биологический метод - применение биологических растительных материалов (биоматы) возможен на откосах и недействующих участках хвостохранилищ. Биоматы способствуют формированию растительного покрова и защищают от эрозионных процессов. Внутри биомата добавляется смесь семян многолетних трав (мятлик луговой, овсяница красная, райграс пастбищный, полевица тонкая, житняк, кострец, люцерна) и питательные вещества (минеральные и органические

удобрения), а также влагоудерживающие компоненты. Для изучения возможности рекультивации нарушенных земель проведены лабораторные испытания четырех видов биоматов (KGS, KSE1, KSE2, KGB) на техногенных субстратах, взятых с исследуемых хвостохранилищ и откосов дамб: пульпа, золошлак, скальный грунт (рис. 18, 19).

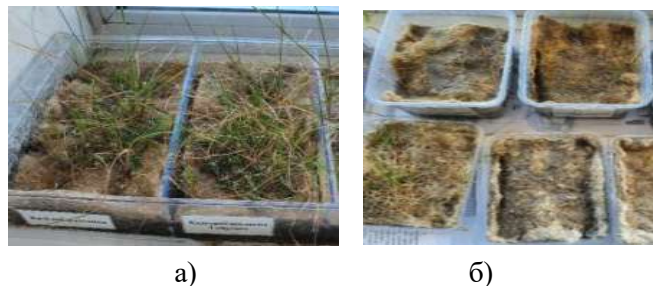


Рисунок 18 – Скорость прорастания семян на почве (а) и на техногенном субстрате (б).

Для контроля была использована почва. Анализировались временной период всхожести семян и плотность их прорастания. Лабораторные исследования показали, что скорость прорастания, в основном зависит от субстрата, на котором располагались биоматы: на золошлаке первые ростки появились в среднем на 12 день; на пульпе - на 13 день; на скальном грунте - на 17 день; равномерная всхожесть первых ростков наблюдается на почве в среднем на 7 день после первого полива.

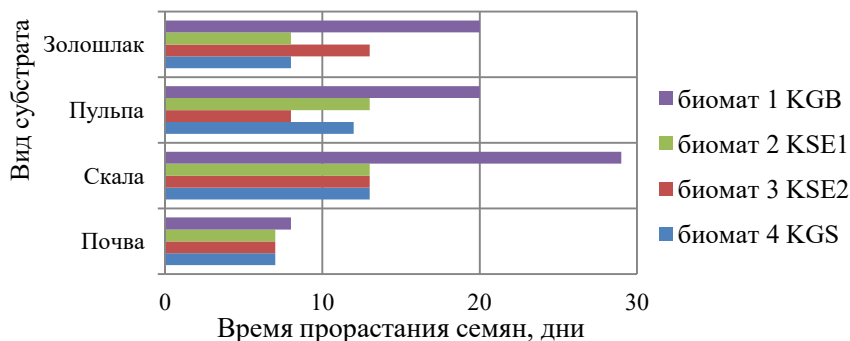


Рисунок 19 – Время прорастания семян на рекультивируемых субстратах с применением различных видов биоматов.

Эффективнее всего прорастание растений на всех видах биоматов происходило на золошлаке; медленнее на пульпе и наиболее поздние ростки появились на скальном грунте. При рекультивации на техногенных субстратах допустимо применение биологических растительных материалов, с набором растений, адаптированных к условиям Карагандинского региона. Для исследования биоматов как

способа снижения пылеобразования и возможности замены отсутствующего плодородного слоя почвы на участках рекультивации, были выбраны: 1 – участок, прилегающий к откосу дамбы с хвостами обогащения с внешней стороны (хвостохранилище I на площади 120 м²); 2 – участок на откосе дамбы внутри хвостохранилища II -120 м² и 3 – участок на ложе хвостохранилища с перемешанными отходами золы и хвостов обогащения (хвостохранилище II - 120 м²). Температура воздуха при проведении эксперимента +36 °С и практически постоянна на протяжении всего лета. В период проведения испытаний (с июня по октябрь 2021г.) проводился мониторинг состояния участков с биоматами. Незначительное прорастание трав отмечено только на ложе хвостохранилища II. Для повышения эффективности процесса рекультивации необходимо изменение некоторых условий: 1) биоматы в этом регионе нуждаются в обильном поливе; 2) использованный в процессе испытаний техногенный субстрат в виде пульпы не является полноценной заменой почвенного покрова, необходимо добавлять почву; 3) набор растений для высадки на биоматы необходимо тщательно подобрать в зависимости от природных особенностей территории. Применение гидрогеля и гидропосева допустимо при конечной рекультивации либо на откосах дамб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Геоэкологическая оценка состояния геотехнических систем горнодобывающего производства с учетом специфики региональной экологической ситуации, долгосрочного характера загрязнения и объектов накопленного вреда позволяет обосновать экологические нормативы и требования, регламентирующие функционирование горнодобывающих предприятий и реализовать комплексные природоохранные мероприятия по предотвращению и/или снижению последствий добычи полезных ископаемых. В процессе исследования подтвердилась необходимость комплексных геоэкологических исследований: оценка состояния, выявления характера, степени нарушения и загрязнения геосистем в целях:

- оптимизации горнопромышленного природопользования, базирующегося на обоснованных экологических нормативах;
- предотвращения деградации изымаемых земель;
- разработки программ реабилитации нарушенных земель.

2. Природные и социально – экономические условия определяют отраслевую и региональную специфику развития горнодобывающей промышленности и обуславливают состояние образованных геотехнических систем. Анализ состояния нарушенных горнодобывающей промышленностью земель Карагандинской

области Казахстана показал, что химическое загрязнение в сфере влияния месторождений (преимущественно почв) зависит от:

- природного геохимического фона, накопленного и современного поступления загрязняющих веществ с действующих объектов. Механический состав почв, ветровой режим, разреженный растительный покров способствуют усиленному пылению, что осложняется наличием отвалов породы и отходов обогащения;

- способа добычи полезного ископаемого. При открытом способе, в отличие от шахтного, происходит постоянное загрязнение атмосферы и более выраженное нарушение земной поверхности.

3. Натурные исследования на модельных месторождениях показали:

- наиболее репрезентативны для всех месторождений являются показатели состояния воздуха и почв;

- максимально трансформированы геосистемы вблизи золоторудного месторождения и отвалов обогащения медной руды, что связано с расположением в пустынной зоне с экстремальными гидротермическими условиями, сильными ветрами, способствующими эрозии почв на нарушенных участках, низким фитообразиумом и продолжительным, значительным загрязнением токсичными веществами. Более устойчивы геосистемы вблизи железорудных и угольного месторождений, находящихся в степной зоне.

Наиболее информативен анализ элементного состава почвы с учетом типа месторождения по веществам, входящим в ассоциацию:

- по золоторудному месторождению: Pb, As, Zn, Cu, Sb, Mn, S;

- по железорудным месторождениям: Zn, Pb, Cu, Ni, V, Mn;

- по угольному месторождению: Zn, Pb, Cu, Ni, V, Mn;

- в районе хвостохранилищ медной обогатительной фабрики: Zn, Pb, Cu, Ni, Cr, Co.

По категории значимости воздействия на геосистемы, а также по экологическому состоянию с учетом СПЗ месторождения относятся: **золоторудное** - к высокой категории воздействия и опасному экологическому состоянию; **железорудные** - к средней категории и допустимому состоянию; **угольное** - к высокой категории и допустимому состоянию; **отвалы обогащения медной руды** - к высокой категории и критическому состоянию.

По превышению ПДК веществ 1 и 2 классов опасности экологическое состояние почв угольного месторождения приближено к опасному, золоторудного, железорудных находится в диапазоне от опасного к критическому, отвалов обогащения - граничит с катастрофическим.

В г. Караганда обнаружено превышение содержания в почве меди, никеля, цинка, свинца. СПЗ почв в городе по результатам исследований на содержание химических элементов приближен к опасному состоянию.

4. Для снижения негативного воздействия, реабилитации и вовлечения в хозяйственную деятельность земель, нарушенных горной добычей, где затруднены или невозможны процессы самовосстановления, необходима рекультивация. На исследованных месторождениях с учетом их геоэкологических особенностей и социальной значимости для региона, эффективны следующие методы:

- создание водоема на месте отработанного карьера для восстановления экосистемных и формирования эстетических и рекреационных функций территорий, что является оптимальным решением из всех проанализированных вариантов рекультивации нарушенных земель;

- применение фитомелиорации с использованием адаптированных к местным условиям растений и гидропосева с гидрогелем на отработанных участках и откосах хвостохранилищ для дальнейшего сельскохозяйственного использования (преимущественно выпаса), что подтверждено лабораторными и опытно-промышленными испытаниями;

- применение реагентов на хвостохранилищах позволяет снизить пыление и предотвратить распространение загрязнения на прилегающие земли. При покрытии реагентом всей пылящей поверхности эмиссии исключаются, что является эффективной превентивной мерой, предшествующей рекультивации.

Публикации по теме диссертации

В изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Козлов В.Н., Кудрявцев С.С., **Цешковская Е.А.** К вопросу о внедрении единого подхода к классификации химически опасных объектов в РК // Мониторинг наука и технологии. 2018. №3(36). С.34-42.

2. Оралова А.Т., **Цешковская Е.А.**, Голубева Е.И., Цой Н.К. Мониторинг радиационной обстановки на территории Карагандинской области // Проблемы региональной экологии. 2019. №1. С.151-158.

Публикации, учитываемые в базах цитирования SCOPUS и Web of Science:

3. **Цешковская Е.А.**, Голубева Е.И., Цой Н.К., Оралова А.Т. Геоэкологические аспекты рекультивации нарушенных земель (на примере Карагандинской области Республики Казахстан) // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2019. №4. С.73 - 80.

4. **Tseshkovskaya Ye.A.**, Golubeva E.I., Ibrayev M.K., Oralova A.T., Tsoy N.K., Is-sabayeva M.B. Technogenic impact of mining industry on environment in Karaganda region of Republic of Kazakhstan // NEWS of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. 2019. 6 (438). С.85-95.

5. **Tseshkovskaya Ye.A.**, Golubeva E.I., Tsoy N.K., Oralova A.T., Obukhov Yu.D. Assessment and regulation of the urbanized territory atmospheric air condition of the Karaganda city of the Republic of Kazakhstan // E3S Web of Conferences. APEEM. 2021. Vol. 265.

6. **Tseshkovskaya Ye.A.**, Golubeva E.I., Oralova A.T., Tsoy N.K., Zakharov A.M. Dust suppression on the surfaces of storage device of technogenic mineral formations // NEWS of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. 2022. 2 (452). С.230-241.

7. **Tseshkovskaya Ye.A.**, Tsoy N.K., Oralova A.T., Obukhov Yu.D. Dust suppression on industrial waste storage (on example of the waste storage of the Ulytau region) // E3S Web of Conferences. APEEM. 2023. Vol. 407.

Монография, учебное пособие, патент, РИД и статьи в других научных изданиях:

1. **Цешковская Е.А.**, Оралова А.Т., Цой Н.К., Обухов Ю.Д. Воздействие горных работ на окружающую среду. Издательство ТОО «Санат – Полиграфия», Караганда, 2020 – 58с.

2. **Цешковская Е.А.**, Оралова А.Т., Цой Н.К. Учебное пособие «Охрана атмосферного воздуха от загрязнений». Караганда: Изд-во КарГТУ, 2018. – 94 с.

3. Патент РК «Способ флотации сульфидных медных руд» №33209 от 17.10.2018г. удостоверение автора №10495

4. Оралова А.Т., **Цешковская Е.А.**, Цой Н.К. Воздействие горных работ на окружающую среду. Свидетельство интеллектуальной собственности, охраняемые авторским правом №8943 от 19.03.2020 г.

5. **Цешковская Е.А.** Рекультивация нарушенных земель хвостохранилищ медных месторождений: возможности и ограничения. Материалы III Международной конференции. Рациональное природопользование: традиции и инновации. 2022 г. Москва. С.334-336.

6. **Цешковская Е.А.** Реабилитация земель, нарушенных накопителями промышленных отходов (на примере отходов обогащительного производства). Материалы VII Международной научно-практической конференции 2023 г. Республика Адыгея, г. Майкоп, С.260-266.

Полный список публикаций доступен на странице АИС «ИСТИНА» <http://istina.msu.ru/profile/TseshkovskayaYelenaAnatoluevna/>

Цешковская Елена Анатольевна

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАБИЛИТАЦИИ
НАРУШЕННЫХ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ
ЗЕМЕЛЬ (НА ПРИМЕРЕ КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН)**

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук**

Подписано в печать 12.01.2024 г.

Формат 60 × 90 ¹/₁₆. Усл. печ. л. 1,5

Тираж 100 экз. Заказ

Отпечатано Полиграфическим центром
Балтийского федерального университета им. И. Канта
236022, г. Калининград, Гайдара, 6