

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский Государственный Университет
имени М.В. Ломоносова»

На правах рукописи

Цешковская Елена Анатольевна

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

Специальность: 1.6.21. – Геоэкология (географические науки)

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук,
профессор Голубева Е.И.

Москва 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА СОСТОЯНИЕ ГЕОСИСТЕМ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.....	10
1.1 Оценка воздействия горнодобывающей отрасли на состояние окружающей среды в мировой практике и в Республике Казахстан	10
1.2 Значение месторождений полезных ископаемых и горнодобывающей отрасли в экономике Республики Казахстан.....	22
1.3 Природоохранное законодательство и нормативные требования в Республике Казахстан для горнодобывающей деятельности	24
2 ПРИРОДНЫЕ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ: ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗВИТИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ.....	27
2.1 Природные и социально-экономические условия Карагандинской области	27
2.2 Геохимические аномалии, сопутствующие месторождениям полезных ископаемых Карагандинского региона.....	35
2.3 Специфика воздействия на окружающую среду открытого, шахтного способов добычи и обогащения полезных ископаемых	40
2.4 Объекты и методы исследования.....	44
3 ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	55
3.1 Воздействие добычи полезных ископаемых на геосистемы месторождений	55
3.2 Состояние окружающей среды г.Караганда	83
4 ОПТИМАЛЬНЫЕ ПУТИ РЕАБИЛИТАЦИИ ГЕОСИСТЕМ, НАРУШЕННЫХ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ В КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	102
4.1 Антропогенно-модифицированные ландшафты как способы реабилитации нарушенных земель	102
4.2 Комплексные природоохранные мероприятия восстановления геосистем, нарушенных открытым способом добычи полезных ископаемых.....	103

4.3 Снижение негативного воздействия накопителей отходов	обогащения
полезных ископаемых на природные системы.....	121
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	144
Список литературы.....	146
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	164

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Сохранение окружающей природной среды – один из наиболее актуальных вопросов современности. Длительное техногенное воздействие при добыче полезных ископаемых приводит к обострению экологической обстановки во многих промышленных регионах мира, включая Республику Казахстан. Влияние горных работ начинается с разведки полезных ископаемых и длится вплоть до завершения эксплуатации месторождений, что во временном режиме может занимать десятки лет. В процессе ведения горных работ изымаются из оборота сельскохозяйственные земли, загрязняются все компоненты геосистем, утрачиваются естественные природные объекты, ухудшается состояние окружающей среды, 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; John A. Wiens, 2007; Байтулин и др., 2005; Barbara J. Andersen, 2008, Xiuwu Zhang и др., 2012). При этом, важно до начала ведения работ на месторождении комплексно изучить его геосистему и оценить степень воздействия на окружающую среду (Швецова и др., 2018). При формировании региональных стратегий управления окружающей средой следует прогнозировать рост загрязнения в процессе добычи полезных ископаемых. Оценку влияния промышленных предприятий на компоненты окружающей среды необходимо проводить не только на источниках загрязнения и в пределах границ предприятия, но и на территории границы санитарно-защитной зоны и даже на значительно удаленные расстояния от нее.

Исследуемое направление весьма актуально для Карагандинского региона, отличающегося высокой концентрацией горнодобывающей и перерабатывающей промышленности. Сосредоточенная здесь сырьевая база, представленная месторождениями, является предпосылкой развития горной отрасли. Это неизбежно приводит к высоким и долговременным изменениям состояния компонентов геосистемы. Полноценное, научно обоснованное решение проблемы рационального использования природно-ресурсного потенциала территории возможно лишь на основе комплексных геоэкологических работ. Сформировано несколько направлений геоэкологии:

- экология ландшафтов (1939 г.) - научное направление на стыке географии и экологии (Тролл К.);

- геосистема «живые организмы - техногенные сооружения - геологическая среда» (1989 г.) - область знаний, изучающая закономерные связи между живыми организмами, в т.ч. человеком, техногенными сооружениями и геологической средой (Козловский, Крашин, Шеко);

- междисциплинарная наука, изучающая состав, структуру, закономерности функционирования и эволюции природных и подвергшихся техногенным преобразованиям экосистем (1993). Предметом исследований являются биосферные процессы глобального, регионального и локального уровней, изменения жизнеобеспечивающих ресурсов геосфер под влиянием природных и техногенных факторов, возможности рационального использования

природных ресурсов для человеческого сообщества (Осипов). Это направление изучает экологическую геологию.

Геоэкологические аспекты включают: природные условия (климат, рельеф, геологические условия, подземные и поверхностные воды, почвенный и растительный покров, животный мир); природные объекты (месторождения полезных ископаемых, сельскохозяйственные угодья и прочее); население; экономические ресурсы (промышленные объекты). Геоэкология отражает географические и геологические аспекты жизнеобеспечивающих ресурсов геосферных оболочек под влиянием природных и техногенных факторов, их охрану, рациональное использование и контроль с целью сохранения для нынешних и будущих поколений (Саушкин, 1946; Голубев, 1999, 2002).

Ведущую роль в процессах добычи и восстановления нарушенных земель занимают геоэкологические факторы, которые обуславливают ветровую нагрузку и обводненность района, почвенные ресурсы, флору, фауну и рельеф территории воздействия. Потребность в добыче минеральных ресурсов, выбор технологии отработки месторождений и мероприятий по реабилитации территорий зависят от социально-экономических условий региона. Географические условия месторождений играют важную роль в процессе восстановления участков. Результатом ведения открытых горных работ является образование глубоких и протяженных выемок: карьеры и разрезы глубиной более 500 м (<https://www.google.com/maps...997971>; Pawan Kumar Singh и др., 2017). Основной проблемой для ведения рекультивационных работ на таких участках является отсутствие необходимых объемов грунта для выравнивания поверхности. Образующихся пород, складываемых внутри карьера недостаточно для покрытия возникающих потребностей. Техногенный рельеф, образованный при работах открытым способом, занимает протяженные территории, при этом происходит деградация природных ландшафтов, нарушение биосферных функций геосистем. Учитывая масштабы ведения добычных работ, можно прогнозировать только рост нарушенной земной поверхности. По геологической оценке, кроме действующих месторождений, в Карагандинской области минерально-сырьевая база для добычи может быть расширена по меди, золоту, полиметаллам, марганцу (<https://inbusiness.kz/ru/news...-razvedchik>).

Постиндустриальная реабилитация нарушенных земель актуальна для Карагандинского региона. Сырьевая база региона способствует развитию горнодобывающей промышленности и сильному техногенному воздействию на компоненты окружающей среды. Восстановление нарушенных земель возможно с учетом геоэкологических характеристик местности путем комбинации различных способов рекультивации. Для возврата в хозяйственный оборот необходимо проводить комплекс мер, направленных на восстановление нарушенных территорий, т.е. реабилитацию нарушенных земель (Водолеев, Андреева, Захарова, Таргаева, 2018). Основой для реабилитации земель является рекультивация, проводимая в два этапа: технический и биологический, с учетом ее направления. Как правило, перед этим проводится подготовительный этап с целью оценки степени нарушенности земель, выбора

направления рекультивации, технико–экономического обоснования и проектирования.

Технический этап включает в себя транспортирование и нанесение грунта для выравнивания провала, прогибов при их наличии и необходимости, очистку и планировку поверхности. Биологическая стадия рекультивации включает комплекс мер, направленных на формирование благоприятного корнеобитаемого слоя на поверхности промышленных отвалов. Например, нанесение плодородного слоя почвы (ПСП) или потенциально плодородного слоя (ППС) с последующим использованием этих площадей для сельского хозяйства и иных нужд. Консервация представляет собой закрепление рекультивированной поверхности такими средствами как использование пленок, щебня, озеленение с целью дальнейшей отработки отвала или месторождения при экономической потребности. При отсутствии почвы возможно использование иловых осадков сточных вод, что позволяет сформировать техноземы – искусственные почвы с корнеобитаемым слоем (Водолеев и др., 2018). Нарушение ландшафтов происходит не только на стадии добычи полезных ископаемых. При их обогащении происходит интенсивное загрязнение окружающей среды в виде выбросов токсичных веществ в атмосферу и сбросов сточных вод (Бутовецкий, 1991). Помимо этого, отвалы, хвостохранилища, подвержены сильному пылению, загрязняя атмосферный воздух и прилегающие территории (Мочалов, Мосин, 2001; Ляшенко, Гурин, Топольный, Таран, 2017, 2018, Yermekov и др., 2020). Известны токсикологические свойства отвалов шахтных пород и их влияние на геосистемы, особенность сезонной динамики содержания опасных компонентов в сточных водах с отвалов шахт углепромышленного района (Wosak, Popovych, 2020).

Степень изученности проблемы. Теоретическая и методологическая база исследования представлена работами В.С. Преображенского, В.Б. Сочавы, С.П. Горшкова, Б.И. Кочурова, С.Г. Покровского; геоэкологии, ландшафтоведения, геохимии ландшафтов, устойчивости экосистем и концепции растительных сукцессий К. Тролля, Б.Б. Полюнова, В.А. Николаева, Е.А. Козловского, И.И. Крашина, А.И. Шеко, В.И. Осипова, В.Н. Сукачева, А. Тенсли, Ф. Клементса, Г. Глисона, Л.С. Берга, Н.А. Солнцева, Д.Л. Арманда, Ф.Н. Милькова, А.Г. Исаченко, М.А. Глазовской, И.А. Авессаломовой; экологических проблем городов Н.С. Касимова, И.В. Ивашкиной; горной экологии М.Е. Певзнера, В.В. Ржевского; природопользования А.В. Евсеева, К.В. Зворыкина, Т.Г. Нефедовой; экологического проектирования К.Н. Дьяконова, А.В. Дончевой. Для промышленных регионов актуально установление экологических целевых показателей качества компонентов окружающей среды (Экологический кодекс РК, 2021). Они представляют собой индикаторы, характеризующие состояние и динамику взаимодействия геосистем, позволяют производить оценку техногенного воздействия и прогнозировать развитие промышленности и урбанизированных территорий. При разработке целевых показателей в первую очередь выбираются направления, приоритетные для решения специфических экологических проблем конкретного региона. Стратегия их установления должна включать экологизацию производства в усло-

виях сбалансированного развития промышленности и урбанизации. 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 соответствующих нормативных документов. Предложенный в работе метод рекультивации нарушенных земель, может применяться для восстановления геотехнических систем. Ре-

зультаты исследований использованы Управлением природных ресурсов и регулирования природопользования Карагандинской области для комплексного геоэкомониторинга и разработки целевых показателей качества окружающей среды региона. Результаты исследования используются в лекционных курсах в Карагандинском техническом университете имени Абылкаса Сагинова. На основе исследований получен патент РК «Способ флотации сульфидных медных руд» №33209 от 17.10.2018г.

Фактический материал и методы исследования. В работе использованы данные по геоэкологической оценке воздействия промышленности на геосистемы и геохимическим особенностям территории; фондовые материалы, 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, 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, лабораторные (атомно-эмиссионный, рентгенофлуоресцентный) методы, программные пакеты MSExcel, AdobePhotoshop, SAS-Planet, GoogleEarthPro, Surfer, программа расчета рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере.

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 эле-**

ментного 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 антиэмиссионных 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 г. Караганда (2017 - 2023); «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.геол.-мин.н. Е.В.Краснову за ценные замечания и рекомендации; коллективам кафедры рационального природопользования географического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова и Горного факультета КарТУ имени Абылкаса Сагинова, ТОО «Экоэксперт» 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.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА СОСТОЯНИЕ ГЕОСИСТЕМ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

1.1 Оценка воздействия горнодобывающей отрасли на состояние окружающей среды в мировой практике и в Республике Казахстан

Вопросы сохранения геосистем при ведении горных работ остаются актуальными в течение многих лет и не могут быть эффективно решены без учета географического расположения месторождений. Сегодня одно из перспективных направлений – рациональное размещение предприятий и установление санитарно-защитных зон с учетом рельефа местности, розы ветров, геоэкологических условий в целом (Ивашкина, 2017). Оценить последствия деятельности и предложить мероприятия по комплексной добыче и использованию полезного ископаемого, снижению образования отходов и изымаемых площадей важно уже на начальной стадии проектирования (Никоноров и др., 2003; Каренов, 2010).

Оценку воздействия горного производства на геосистемы необходимо проводить начиная с этапа разведки полезных ископаемых: изучить территорию и воздействие в процессе бурения скважин, проходки траншей и иных работ на месторождении (Комащенко, 2010) вплоть до завершения его эксплуатации. Оценка влияния промышленных производств необходима не только на источниках загрязнения в пределах предприятия и на территории границы санитарно-защитной зоны, но и за ее пределами (Ruichao Guo, Xingyuan He, 2013; Jiang Yu, Zhiyong Huang, 2012).

Разработка месторождений полезных ископаемых способствует росту контрастности латерального распределения тяжелых металлов и металлоидов (ТММ) с накоплением таких элементов как Mo, Bi, W, Sb, Cu, As, Cd, Pb, Sn в супераквальных позициях и Cu, Mo, Sb, As в трансаккумулятивных позициях (Кошелева, Тимофеев, Касимов, 2019). Разрушение отвалов отходов эрозийными процессами приводит к образованию геохимических барьеров, за счет которых при повышенном содержании песка и ила во вторичном ландшафте концентрируются рудные элементы Mo, W, Cu, которые расширяют зону влияния производств за счет миграции этих веществ (Кошелева, Тимофеев, Касимов, 2019; Shaw и др., 2005). В промышленных районах большая доля приходится на искусственные (техногенные) поверхностные образования: токсифабрикаты, представляющие собой вскрышной грунт емкостью до 3 м; экраноземы – уплотненный грунт, лежащий под асфальтобетоном; реплантоземы и урбикквализемы – искусственные покрытия вдоль дорог. При формировании различных накопителей отходов, в том числе хвостохранилищ, образуются артиндустраты (нетоксичные) и токсиндустраты (токсичные) (Кошелева, Тимофеев, Касимов, 2019).

В исследованиях мировой практики (Ruichao Guo, Xingyuan He, 2013) анализу подлежат донные отложения из выбранных точек в верховьях реки для измерения концентраций тяжелых металлов в окрестностях шахт. Проводится оценка состояния почв на сельскохозяйственных территориях (Jiang Yu, Zhiyong Huang, 2012; Bolsunovskii и др., 2005; Dale A. Bruns, 2005; Gyozo Jordan и др., 2013; Kalabin, 2012; K.Weissenstein и др., 2011), которые могут попадать в зоны влияния промышленности.

При добыче угля подземным способом, несмотря на более щадящий подход, не исключается из исследований воздействие на геосистемы породных отвалов (Прохоров, Сушков, 2018). Воздействие на ландшафты не прекращается и после ликвидации добывающих предприятий, что также подлежит исследованиям (Вылегжанина, 2002; Ворошилов, 2012; Стоянова, 2013). Определение закономерностей воздействия породных отвалов угольных шахт на природные комплексы позволяет усовершенствовать методику экологической оценки, исследовать влияние техногенных минеральных образований (Васильев и др., 2016; Усманова и др. 2014; Syed Maqbool Geelani, 2013; Калаева, 2016). Используются материалы космической съемки (Прохоров и др., 2018). Экологическая оценка проводится и при добыче углеводородного сырья на Арктическом шельфе (Янкевский и др., 2017).

Загрязнение почв в районе исследования было классифицировано по индексу геоаккумуляции, коэффициентам обогащения и степени загрязнения (Косолапов, 2014). На территории отработанных россыпных месторождений золота обнаружено достаточно высокое содержание ртути (Косолапов, 2014). На примере горной промышленности различных территорий России разработана классификация экологических последствий техногенного воздействия (Галанина и др., 2010; Пузанов, 2007). Поглощительная способность почв, концентрирующих загрязняющие вещества, рассматривается в качестве одного из косвенных показателей экологической безопасности экосистем (Несговорова и др., 2017, Козлов и др., 2018). Воздействие на состояние окружающей среды от накопителей отходов начинается с формирования отвалов и продолжается при миграции химических компонентов в почву и подземные воды в процессе их эксплуатации. Эти процессы продолжают вплоть до завершения рекультивационных работ. Анализ источников (Syed Maqbool Geelani, 2014, Ruichao Guo, Xingyuan He, 2013) по воздействию на состояние окружающей среды позволяет сформулировать основополагающие принципы типизации и различные аспекты воздействия на геосистемы при добыче полезных ископаемых.

При изучении принципов накопления химических элементов в почвах необходимо использовать и учитывать катенарный подход, теорию геохимических барьеров, геохимию ландшафтов (Перельман, Касимов, 1999; Саэт с соавт., 1990; Fortescue, 1980). Барьеры представляют собой территории, где происходит накапливание элементов за счет снижения миграции. Характеристики этих барьеров во многом определяют рассредоточение элементов в почве (Глазовская, 1997; Перельман, Касимов, 1999). Ход биологического цикла химических элементов в земной коре определяет своеобразную верти-

кальную зону окислительно-восстановительных сред, относящуюся к важнейшим геохимическим особенностям биосферы. Перельманом А.И. выведено следующее правило «геохимическая работа живого вещества создала преобладание резко окислительной обстановки на земной поверхности, сменяющейся с глубиной на восстановительную».

Уровень применяемых технологий и техники определяют степень воздействия и накопления загрязнений и образований техногенных геохимических аномалий в почве (Алексеев, 2000, 2006). При реализации природоохранных мероприятий необходимо определить геохимические особенности загрязнения и трансформации земель, масштабы образованных ассоциаций. На примере воздействия горной промышленности Кемеровской области составлена классификация экологических последствий техногенного воздействия (Галанина и др., 2010). При этом наиболее опасное представлено химическим загрязнением, вызывающим техногенные сукцессии биоценозов, смену ландшафтов.

Изучению подлежит добыча нерудных материалов, которые относятся к общераспространенным полезным ископаемым (ОПИ): щебень, песок, гравий, известняк, гипс (Курчин и др., 2013). Воздействие связано с открытым способом добычи, что вызывает прямое уничтожение природных геосистем в пределах горных отводов, а также пыление, распространяющееся за его пределы. При этом переход на подземную добычу затруднен в связи с небольшой глубиной залегания ОПИ (до 15 м).

Учитывая масштабность и специфику негативного воздействия предприятий горнодобывающей промышленности, целесообразно организовывать горно-экологический мониторинг с целью прогноза развития загрязнения в районах интенсивной горнодобывающей деятельности (Певзнер, 2003; Курманкожаев, Сейдалы, Сейдалы, 2004). Экологический мониторинг компонентов окружающей среды невозможен без разграничения природных геохимических аномалий и техногенного химического воздействия. Геоэкологические аспекты природопользования должны быть учтены при разработке генеральных планов урбанизированных территорий (Реймерс, 1990; Ивашкина, 2017). На участках добычи полезных ископаемых в связи с нарушением целостности толщи пород, возрастает вероятность повышенного радиационного фона. Для промышленных регионов Казахстана (Восточно-Казахстанская, Павлодарская, Карагандинская области) особенно актуально является проведение мониторинга радиационной обстановки. Анализ результатов исследований показывает, что значения мощности эквивалентной дозы на территории Карагандинской области варьируется в пределах 0,02...0,23, а среднее значение составляет 0,1547 мкЗв/ч, что практически не превышает усредненных фоновых значений равных 0,15 мкЗв/ч (Оралова и др., 2019; Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности, 2015).

Для комплексной оценки горнопромышленного воздействия на окружающую среду рассматриваются географические предпосылки образования горнодобывающих и перерабатывающих комплексов, их региональной спе-

цифики. При изучении воздействия добычи полезных ископаемых на окружающую среду разрабатываются методы анализа модификаций природных комплексов и прогнозирования влияния горных работ (Певзнер, 2003). Масовость разработки месторождений характерна и для территории Карагандинской области. Это обуславливает необходимость определить критерии возможной трансформации среды, сравнения показателей техногенного воздействия от добывающей деятельности и возможности восстановления геосистем.

Одним из способов оценки влияния горнодобывающей промышленности на окружающую среду является системный анализ в решении геоэкологических проблем горнодобывающей и горно-перерабатывающей промышленности урбанизированных территорий (Ямашкин, Кирюшин, Коваленко и др., 2004). Согласно концепции А. М. Трофимова (1993) состояние геосистем по территориальному различию определяется как совокупность сложных динамических связанных геоситуаций с четко выраженной пространственной локализацией. Геоситуации представляют собой набор отрицательных и положительных природных экстерналий, отражающих благополучие и неблагополучие исследуемых территорий (Кочуров, 2018). Совместный причинно – следственный геосистемный и геоситуационный анализ существующих искусственных (техногенных) геосистем позволяет сделать оценку и прогноз их изменений (Мячина, 2021). Данный анализ позволяет минимизировать региональные риски в управлении окружающей средой, связанные с трансформацией степных ландшафтов (Семячков, 2007). Анализ необходим для выбора оптимальных подходов и методов исследования для изучаемого объекта (города, области, горнопромышленного района) при определенных геоэкологических условиях. В результате анализа выбираются меры по улучшению состояния нарушенных территорий (Мячина, 2021).

Деятельность горнодобывающей промышленности является значительным фактором воздействия на природу и на здоровье населения. Однако, если рассматривать систему «Горнодобывающая промышленность – окружающая среда» (ГП-ОС), то можно отметить, что природные и социальные характеристики имеют свое влияние на развитие промышленности (рис.1.1). Система является сложной, т.к. характеризуется большим числом элементов и внутренних связей, их неоднородностью, выполняет сложную функцию. Компоненты этой сложной системы, представленные геоэкологическими факторами: климат, водный баланс, запасы полезных ископаемых, социальная сфера, можно рассматривать как подсистемы.

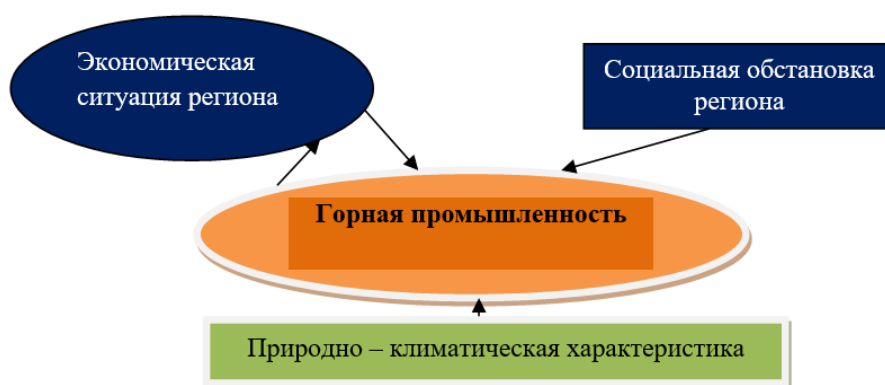


Рисунок 1.1 – Система «Горнодобывающая промышленность – окружающая среда» (составлено автором)

Система ГП-ОС является открытой, т.к. происходит и прямое, и косвенное взаимодействие с природой. Внутренние и внешние связи в ней развиты в значительной степени. Данная система является в большей степени искусственной - техногенной, чем естественной. Существенными связями в ней являются: экономические показатели, запасы, способ залегания полезных ископаемых, а относительно несущественными - человеческий фактор, представленный рабочей силой. Как правило, если экономически необходимо, при этом запасы и природные условия позволяют добывать, то ресурсы рабочей силы находятся. Однако, нельзя не учесть тот факт, что «рабочая сила» является частью населения территории, которая оказывается в сфере негативного влияния производства. Степень влияния зависит от геоэкологической характеристики, объемов добычи, технологии, очистного оборудования. Данная система характеризуется признаками сложности: структуры, функционирования, развития. Система ГП-ОС является вероятнее диффузно организованной, чем хорошо сложенной, также является в большей степени развивающейся и угасающей, чем стабильной, что позволяет сделать следующие выводы: для создания такой системы необходимы экономические предпосылки, которые непостоянны, так как спрос может падать и тогда работы замирают, и наоборот; сложное залегание пластов полезных ископаемых, также может повлиять на принятие решения о приостановке добычи.

По строению и функциям система ГП-ОС - сложная вероятностная, многофункциональная, т.к. позволяет реализовать на одной и той же структуре несколько функций: производственные - добыча и первичное обогащение полезного ископаемого; социальные – рабочие места, благоустройство прилегающих населенных пунктов. Согласно теории Маркова Ю.Г. в данной системе ГП-ОС работают такие закономерности функционирования как целостность, интегративность, коммуникативность, иерархичность. Однако практически не свойственна данной системе эквифинальность, т.к. согласно данному понятию, эта система не может возвращаться в одно и то же финальное состояние.

При нерациональной добыче (в точке бифуркации) может произойти разлом данной системы: истощение полезных ископаемых в недрах, либо

наоборот излишек добытых на поверхности, что приводит к загрязнению геосистем.

Таким образом, важно до начала ведения горнопромышленных работ провести следующие действия:

- проанализировать экономическую составляющую вопроса: имеется ли необходимость в разработке новых месторождений и строительстве перерабатывающих предприятий;
- при решении первого подпункта в сторону нового производства, выбрать место и способ добычи вдали от подземных водозаборов, особо охраняемых природных территорий (ООПТ), поверхностных водоемов;
- найти наиболее рациональный способ добычи: меньше потерь – больше полезного ископаемого, по этому же пути, выбрать технологию переработки;
- рассчитать объем забора и сброса воды, сконструировать «повторное» или «оборотное» водоснабжение;
- заранее предусмотреть способ восстановления нарушенных земель и отвалообразования;
- определить границы санитарно-защитной зоны (СЗЗ);
- определить точки ведения мониторинга за состоянием окружающей среды;
- просчитать экологический риск.

Изучение сформированных модельных техногенных участков с точки зрения полимасштабности позволяет выработать критерии оценивания подобных территорий в региональном значении (Мячина, 2021; Хаггет, 1979; Демьяненко, 2010). При таком подходе возможно оценивать не только площади нарушений, но и геоэкологическую устойчивость и внутренние ландшафтные связи (Казаков, 2012).

Кроме того, выявляются побочные экстерналии воздействия на ландшафт (Мячина, 2021). В результате локальное воздействие от техногенных объектов переходит в наиболее масштабное. В итоге совокупный эффект воздействия приобретает региональное и глобальное значение, достигая самого высокого иерархического уровня (Мильков, 1978; Исаченко, 1980, 1991). В этих случаях геопространственный охват рассматриваемого процесса и детализация исследований особенно важны для результативных методов восстановления и улучшения состояния территорий.

Другая сторона полимасштабности – временной фактор природопользования, отражающий накопительный эффект воздействия. Четвертая сторона масштабируемости отражает последствия социально-экономического характера. Состояние эколого-социально-экономической системы зависит от трансформации, качественного и количественного содержания привнесенных химических веществ не только на локальном, но и на глобальном уровнях (Мячина, 2021; Mainguet, 1991; Yang, Zhang, 2005; Ahmed, 2015; Кравцова, Чалова, 2016; Zhang и др., 2018).

В горнодобывающих районах значительная часть населенных пунктов взаимосвязаны либо обустраиваются на месторождениях. Более того, в неко-

торых регионах предприятия являются градообразующими объектами. При этом, предприятия напрямую негативно влияют на природно-хозяйственные системы, но платежи за загрязнение и природопользование практически одинаковы во всех регионах.

При добыче полезных ископаемых степные геосистемы подвергаются воздействию с последующей деградацией, смене растительности (в некоторых случаях до полного исчезновения) и вытеснения представителей животного мира (Мячина, 2021). Кроме того, население этих территорий утрачивает пастбищные участки и сенокосы, рекреационные зоны и др. Учитывая эти последствия реабилитация нарушенных территорий является крупномасштабным и долгосрочным мероприятием.

Реабилитация нарушенных территорий подразумевает восстановление и рациональное недропользование. Необходимы изменения в подходах природопользователей с учетом природоохранных требований законодательства, применения наилучших «зеленых» технологий (Краснов, Романчук, 2009; Ческидов и др., 2013; Kiichiro Hatoyama и др., 2014). С целью недопущения дальнейшей деградации территорий, необходимо уменьшение техногенных образований (отвалов, хвостохранилищ и пр.), являющихся источниками трансформации. При таком подходе первичные связи останутся более стабильными, что позволит сохранить структуру ближе к природной (Мильков, 1973; Исаченко, 1980). Поэтапной основой реабилитации территорий является:

1. Планирование работ горнодобывающей деятельности и формирование ликвидационного фонда в течение всего периода добычи;
2. Функционирование природно-горнотехнических систем (ПГТС);
3. Окончание разработки, ликвидационные и рекультивационные работы;
4. Восстановительный период.

Проанализирован мировой опыт восстановления территорий, расположенных в различных географических зонах, возможность возврата их в ведение хозяйства по различным направлениям. Были изучены материалы различных источников теории и практики решения этих проблем (Чижова, Шлякова, 2017; Анянова и др., 2016; Olwig, 2005; Makhzoumi, 1999; Wu, 2016; Kirchoff, 2012; Troll, 2007; Sanderson, 2000; Будина, 2013; Vubnova и др., 2012). Например, опыт Германии по восстановлению территорий добычи лигнита открытым способом с использованием методов сельскохозяйственной, лесохозяйственной рекультивации (Цешковская, 2019). Рекомендуются применение гидропосева для озеленения добычных нарушенных участков (Васючков, 2011).

Для Карагандинской области при рекультивации нарушенных земель возможно применение дизайна «постиндустриальных территорий», что было сделано в Китае (Yijie Liu и др., 2014; Liu и др., 2017). Данный метод заключается в следующем: после отработки месторождений территории эстетически облагораживаются, но при этом некоторые технологические объекты (станции, водонапорные башни) не демонтируются. Полученная территория

приобретает туристический интерес, погружая посетителей в техногенез прошлого.

Использование геологического наследия в целях туризма может быть сопряжено с рекультивацией территорий, нарушенных горнодобывающей деятельностью (Михайленко, Рубан, 2022). В случае загрязнения территории ксенобиотиками необходима ремедиация земель (Rebecca George и др., 2014), высаживаются подходящие для этой цели растения (Чайка и др., 2015; Антоненко и др., 2017).

Таким образом, мировой опыт показывает, что после отработки месторождений полезных ископаемых обязательным условием является реабилитация нарушенных земель. Также передовым подходом является параллельное ведение добычи и восстановление нарушенных территорий. Для промышленных урбанизированных территорий приоритетом является формирование плодородия и искусственное древесное озеленение накопителей (Брыжко 2016; Галанина, 2010). На основе площадного изучения территорий разработки месторождений полезных ископаемых выделяются природно-горнотехнические системы (ПГТС) по ряду признаков. Природные геохимические аномалии выделяются в работе (Серых и др. 2009) на основе залегания полезных ископаемых. Для определения ПГТС выделяются техногенные геохимические аномалии (Саксин, Бубнова, 2007) на основе растительного покрова. Подобные геохимические аномалии могут выявляться в почвах в результате исследований на наличие тяжелых металлов. Таким образом, подтверждается существование вновь образованных ПГТС, как самостоятельных объектов, которые на картах экологического состояния территорий не выделяются, но при этом существенно влияют на генеральные планы развития территорий, включая строительство и расширение урбанизированных территорий, ведение сельского хозяйства (Саксин, Бубнова, 2007). При этом данные территории имеют большие площадные размеры, сложно устроены внутренне и разобщены в пространстве. По классификации (Саксин, Крупская, 2005) выделяются:

- районы представляют собой участки площадью 500 ... 1000 км², загрязненных в результате ведения горных работ. Внешняя граница общей площади загрязнения охватывает все единичные участки каждого отдельного месторождения, которые расположены рядом;

- область представляет собой систему тесно связанных районов, площадь которой составляет 30 000...75 000 км²;

- провинция – это комплекс области и района, разделенной зоной, принятой фоновой. Площадь провинций варьируется от 60 000 до 120 000 км².

В Карагандинской области практически невозможно объединить разрабатываемые месторождения в единые территориальные зоны (район, область, провинция), так как они расположены относительно далеко друг от друга. При этом эти локальные месторождения большие по площади, что позволяет их исследовать как ПГТС. В районах добычи действуют природный процесс, нацеленный на сохранение существующей экологической ситуации, и техногенный процесс, который приводит к трансформации и загрязнению террито-

рий (Саксин, 2007). За счет снижения объемов добычи происходит уменьшение негативного воздействия, не только на локальном уровне, но и в региональном масштабе. Для снижения воздействия и восстановления нарушенных территорий наиболее эффективным методом является рекультивация и приведение в надлежащее состояние горнопромышленных ландшафтов, включая ликвидацию и рекультивацию хвостового хозяйства, отвалов, карьеров, прогибов земной поверхности, прудов – накопителей, карьерных дорог. При этом быстрее восстановление геотехнических систем будет происходить в тех районах, где тому способствуют природные составляющие (состав почв, увлажненность, разнообразие биоты).

Механизм постепенного снижения интенсивности отрицательного воздействия горного производства на окружающую среду отражают эпюры рассеивания. Отличительными чертами метода составления обзорных прогнозно-экологических карт являются:

- отображение района определенного вида хозяйственной деятельности, на который приходится негативное влияние;

- составление прогноза рассеивания загрязняющих веществ по расчетным данным, что позволит сформировать систему мониторинговых наблюдений в критических точках. Это применимо для наблюдений за состоянием воздуха, почв, подземных вод, снежного покрова и поверхностных водных источников при их наличии. На поверхностные воды, в случае их нахождения около месторождений, приходится высокая антропогенная нагрузка. Кроме того, в пространстве и во времени по течению воды происходит миграция загрязнений от источника добычи.

В условиях, рассматриваемых в данной работе месторождений полезных ископаемых Карагандинского региона, поверхностные воды не будут являться объектом сильного воздействия, т.к. значительно удалены от месторождений. Также согласно действующему законодательству (Водный кодекс РК, 2003), места ведения работ не могут располагаться в пределах водоохранных зон (на расстоянии ближе 500 м от уреза воды).

Отвалы, шламо- и хвостохранилища занимают обширные территории, выводят земли из хозяйственного пользования, являются причиной пылевого загрязнения водного и воздушного бассейнов, почвы и могут самовозгораться. Для уменьшения отчуждаемых земель под отвалы и хвостохранилища применяются различные схемы обработки отходов обогащения, но темпы их внедрения не достаточны. Масштабы накопителей отходов горнодобывающей промышленности настолько велики, что они изменяют естественный ландшафт районов ведения добычи и нарушают функционирование природных систем. Для рационализации природопользования в настоящее время особое значение отведено внедрению инновационных малоотходных технологий, комбинированным производствам, в том числе утилизации отходов горнодобывающей промышленности. К примеру, на Усть-Каменогорском комбинате извлекают 17 из 20 полезных компонентов, содержащихся в сырье (Комащенко, 2010). Однако вопрос переработки отходов горной отрасли по-прежнему остается ключевой проблемой горнопромышленных районов.

В настоящее время вопрос пылеподавления на предприятиях горной отрасли реализуется по следующим направлениям:

- организационное, связано с управлением рабочего процесса горного предприятия на основе рационального природопользования;
- технологическое, подразумевающее оптимизацию процесса добычи и обогащения ископаемых путем внедрения наилучших экологических технологий;
- техническое, основанное на применении способов пылеподавления на отвалах, карьерах;
- биологическое – постиндустриальное предусматривается при ликвидации, хвостохранилищ, отвалов, закрытии объектов добычи.

Каждое из направлений может реализовываться как отдельно, так и одновременно применяя несколько направлений с учетом экономических, энергетических, санитарно-гигиенических и экологических показателей. Анализ ряда работ (Шаров и др., 2019; Макаров, 2021) показал, что недостаточно практических данных по применению различных средств пылеподавления на хвостохранилищах, а также не учтены такие показатели как экологичность использования применяемых средств. Поэтому в настоящее время задача по нахождению эффективного метода пылеподавления остается весьма актуальной. Существует несколько методов пылеподавления технического направления: применение ветрозащитных экранов; добавление скрепляющего реагента на пульповыпуске; орошение пылящих поверхностей водой или растворами химических реагентов; обработка пылящей поверхности растворами химических реагентов. При этом необходимо учитывать не только химические свойства полимерных реагентов, но и возможности их применения в конкретных географических условиях.

Основы рационального природопользования необходимо рассматривать через сбалансированное недропользование (Полянская и др., 2018). Оптимизация негативного воздействия горного производства подразделяется на два этапа: оценка экологической безопасности деятельности, выбор наиболее эффективных природоохранных мероприятий (Фадеевичев, 2012; Цейтлин, 2013).

Тематике геоэкологической оценки урбанизированных территорий посвящено значительное количество исследований, направленных на качество окружающей среды и минимизацию экологических рисков (Гончарова и др., 2011; Яковлева и др., 2012; Иманкулов и др., 2009). При этом важно комплексно ставить вопрос об определении такого порогового уровня загрязнения, при котором геосистемы территорий будут способны восстанавливаться и не произойдет их полного уничтожения.

Очевидно, что создание механизмов защиты экосистем и снижение экологического риска является долгосрочной и сложной задачей. Немаловажно остановиться на вопросе атмосферного загрязнения, как основного компонента окружающей среды, посредством которого загрязнители – ксенобиотики могут распространяться в иных средах. Имеются исследования пыли, на основе которых выделены уровни загрязнения воздуха (Xiaoping

Li, 2012), рассмотрено химическое загрязнение (Cr, Cu, Ba, Sr, As, Pb и Zn). В качестве исходной информации используются данные о фоновых концентрациях анализируемых веществ. В качестве фона принимаются показатели концентраций веществ в атмосферном воздухе территорий (степные массивы, городские участки скверов, парков), удаленных от промышленных объектов, урбанизированных территорий, автотранспорта.

Главной задачей становится исследование связей в геосистемах, модели которых можно отнести к группе субъект – объектных (Авессаломова, 1992). Согласно классификации (Кочуров, 1999) ситуации, возникающие в окружающей среде при техногенной нагрузке на нее, делятся на пять видов. Наиболее тяжелой и необратимой экологической ситуацией является катастрофическая с необратимыми негативными явлениями в пространстве и во времени, которые отражаются на социальных, экономических и экологических условиях региона.

Кризисная близка к катастрофической экологической ситуации. Происходит загрязнение и трансформация окружающей среды, негативное влияние на здоровье людей. При продолжении нагрузки на природу переход от кризисной к катастрофической составляет небольшой период времени и варьируется от 3 до 5 лет.

Критическая ситуация характеризуется быстрым истощением ресурсов, вплоть до их потери, а также происходит негативное изменение во всех компонентах окружающей среды. Данные изменения отражаются в превышении предприятиями установленных нормативов загрязнений. При снижении предприятиями объемов загрязнений и проведении природоохранных мероприятий происходит улучшение экологической, экономической, социальной составляющей жизни региона.

Напряженная – это экологическая ситуация, при которой происходят негативное воздействие на локальные участки ландшафтов и изменения в социальной, экологической, экономической составляющей исследуемой территории. При внедрении мероприятий по охране окружающей среды улучшается ее состояние.

Геоэкологический анализ состояния ландшафтов, построенного на системности и комплексности, позволит разработать меры по улучшению состояния ландшафтов (Грин, Клюев, Мухина, 1995; Дебелая, 2003; Трофимов, Рубцов, Эролаев, 2009; Мячина, 2021). Его целью является разработка и обоснование мероприятий по улучшению состояния ландшафтов и стабилизации обстановки на различных уровнях (локальный, региональный, глобальный). Анализ на региональном уровне учитывает обязательное рассмотрение экологической текущей (существующей) ситуации территорий. Региональный подход учитывает особенности территории и позволяет разработать единые региональные требования. В связи с тем, что большое разнообразие природных условий не позволяет разработать единые критерии для оценки того или иного вида природопользования, необходимо использовать региональный подход (Сочава, 1962).

Всесторонний анализ выявляет референтные показатели, характеризующие состояние исследуемой территории и возможные сценарии ее трансформации (Мячина, 2021). Отрабатываемое месторождение полезных ископаемых представляет собой природно-техногенную геосистему, в которой взаимодействуют природные факторы и антропогенная нагрузка. После затухания деятельности на месторождениях образуются зоны горного геоэкологического наследия. Эти зоны представляют собой участки с оставшимся демонтированным оборудованием, нарушенными почвами и растительным покровом. Восстановление территорий позволит осуществить частичный возврат степных угодий в хозяйственный оборот с учетом региональных особенностей (Мячина, 2021).

Не существует единого концептуального подхода к оценке и прогнозу состояния повторного использования и реабилитации техногенно-измененных или планируемых к изменению земель на территории Казахстана. Есть лишь локальные подходы, при которых рассматриваются проблемы конкретных отдельных предприятий с предложением таких технологических, организационных, экологических и экономических решений, которые ориентированы на учёт интересов недропользователей и которые в основном не соответствуют наилучшим доступным технологиям и технике. На современном этапе развития «зеленой экономики» стоит задача объединения трех взаимосвязанных целей и получения синергетического эффекта: экономической эффективности, экологической ответственности и социальной активности.

Оценка состояния и прогнозирование динамики техногенного нарушения земель составят информационную основу для:

- 1) новых фундаментальных исследований, ориентированных на совершенствование стратегии и тактики рационального природопользования на различных уровнях планирования и управления;

- 2) формирования научно обоснованных условий создания и применения наилучших доступных ресурсосберегающих экологически сбалансированных и конкурентоспособных технологий;

- 3) разработки методик комплексной эколого-технологической оценки локальных территорий и объектов накопленного техногенного экологического ущерба добывающих и перерабатывающих предприятий, вспомогательных производств, включая изменение основных компонентов нарушаемой природной системы;

- 4) верификации на последующих этапах исследований натурными наблюдениями и измерениями на реальных объектах полученных модельных представлений о природных и техногенно-изменённых объектах.

1.2 Значение месторождений полезных ископаемых и горнодобывающей отрасли в экономике Республики Казахстан

Республика Казахстан делится на 18 административных единиц (Национальный доклад, 2021). По площади Карагандинская область занимает первое место среди других областей Казахстана (рис.1.2). В 2022 году из существующих областей было выделено три отдельные: Улытауская, Абайская, Жетысу. Карагандинская и Улытауская области входят в Центральный Казахстан.

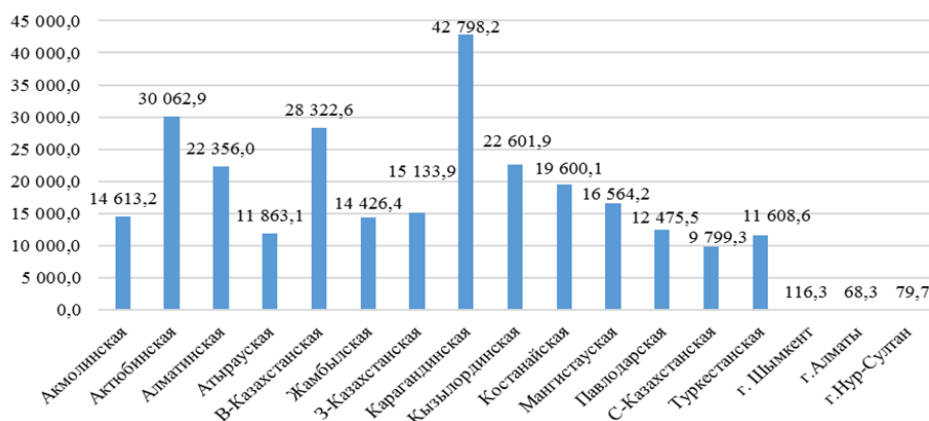


Рисунок 1.2 - Распределение земельного фонда по областям (Национальный доклад, 2019 Источник: Комитет по управлению земельными ресурсами МСХ РК)

Республика Казахстан располагает богатыми природными ресурсами. Из 110 элементов таблицы Менделеева в ее недрах выявлены 99, разведаны 70, в настоящее время извлекаются и используются 60 элементов (<https://articlekz.com/article/8964>; <https://e.geolo...ex>). Структура и запасы полезных ископаемых представлены на рисунке 1.3 (<https://www.kazportal.kz/gorno...pr>).

Минерально-сырьевая направленность промышленности является основой экономики республики. При недропользовании задействованы предприятия и организации по разведке, добыче, переработке ископаемых. Шахты, карьеры, обогатительные фабрики объединялись в промышленные агломерации с различной формой собственности. Например, такими крупными объединениями в Карагандинской области являются Казхром, АрселорМиттал Темиртау, корпорация Казахмыс и др. Каменноугольные бассейны Сары-Арки представлены Карагандинским и Экибастузским. В Центральном Казахстане добыча угля производится в шахтах и угольных разрезах. Добыча высококачественного коксующегося угля с зольностью 10...35% производится в Карагандинском угольном бассейне (<https://www.kazportal.kz/gorno...pr>).



Рисунок 1.3 - Структура распределения полезных ископаемых в Карагандинской области (<https://www.kazportal.kz/gorno...pr>)

Добыча алюминия производится на месторождениях Северного Казахстана. Группа цветных металлов включает в себя месторождения меди, цинка, олова, свинца, мышьяка, сурьмы, ртути и др. Добыча свинца производится на месторождениях полиметаллических, свинцово-цинковых и свинцовых руд. Главные объекты по добыче руд свинца и цинка в Республике Казахстан расположены в Южном и Центральном Казахстане.

Сырьевые базы по добыче меди находятся в центральной и северо-восточных частях страны. Добыча олова производится в северных областях государства; молибдена - из комплексных медно-молибденовых руд в Центральном и Северо-Восточном регионах; вольфрама - характерна для Центральной части республики.

Благородные металлы представлены серебром, золотом и другими металлами (осмий, палладий, иридий, родий) (<http://kazspecgeo.com/services/designing...materials.html>). На территории Республики Казахстан расположено примерно 4% всех мировых запасов золота, немного меньше доля серебра. Промышленная добыча золота и серебра производится в Северном, Южном, Центральном и Северо-Восточном Казахстане (<https://www.kazportal.kz/gornodobyivayushhaya>). Элементы платиновой группы добываются попутно из комплексных руд. Структура горнодобывающей промышленности представлена на рисунке 1.4.

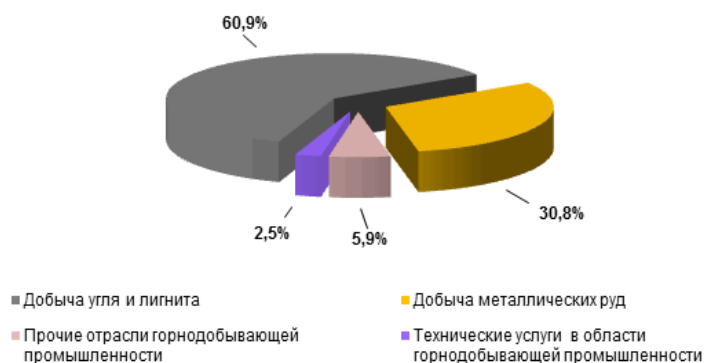


Рисунок 1.4 – Структура горнодобывающей промышленности, % (<https://www.kazportal.kz/gorno...pr>)

Развитие промышленности обуславливается экономическими и социальными аспектами. Климатические условия (резко-континентальный климат и продолжительный холодный период влечет за собой большую потребность в угле для ТЭЦ, котельных), значительные запасы полезных ископаемых, достаточно неусложненный рельеф местности (степи, малая обводненность, отсутствие болотистых местностей), большие площади незаселенных территорий способствуют развитию горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности Карагандинского региона.

1.3 Природоохранное законодательство и нормативные требования в Республике Казахстан для горнодобывающей деятельности

Одним из основных требований к горнодобывающей деятельности является соблюдение экологических законодательных норм. Ряд законов и нормативно-методическая база СССР были утверждены и применяются в Республике Казахстан с некоторыми изменениями и дополнениями. Для реализации природоохранных мероприятий на определенный период времени разрабатывалась «Программа оздоровления экологической обстановки Карагандинской области», в которую входили природоохранные мероприятия для предприятий в отдельности и области в целом: посадка зеленых насаждений, рекультивация нарушенных промышленностью земель, крупных накопителей отходов и др. В январе 2007 года вступил в силу Экологический Кодекс РК, с выходом которого утратили свою силу законы «Об охране окружающей среды», «Об охране атмосферного воздуха», «Об экологической экспертизе». В 2021 году введен в действие новый Экологический Кодекс РК (Кодекс РК № 400-VI ЗРК, 2021).

Ведение работ по недропользованию регулируется Кодексом о недрах и недропользовании, Экологическим кодексом Республики Казахстан (<https://online.zakon.kz/document/>). Экологический кодекс – это основа природоохранного законодательства в Казахстане. С выходом Экологического кодекса были выпущены новые методики расчетов поступлений загрязнений, например, указания по определению нормативов эмиссий в окружающую среду, РНД, ГОСТы, внесены определённые поправки в законы и кодексы различных направлений, изменена инструкция по определению воздействия на состояние окружающей среды.

Изменился порядок расчета экологических платежей. Ранее платежи производились с расчетом за условную тонну, после вступления в силу Экологического кодекса были внесены корректировки в Налоговый кодекс Республики Казахстан. Экологические платежи в настоящее время взимаются на основе МРП за 1 т конкретного загрязнения. Предприятия – операторы недропользования осуществляют свою деятельность на основании экологического разрешения. В случае отсутствия или нарушения норм экологического разрешения вводятся увеличенные платежи, установленные Налоговым ко-

дексом. Фактические платежи складываются из реального тоннажа эмиссий и действующих ставок.

Требования к экологическому страхованию возросли, при этом механизм до конца не проработан. Экологический кодекс отражает проведение экологического мониторинга, включая промышленный экологический контроль и мониторинг окружающей среды. На основании установленных соответствующих предельно допустимых концентраций (ПДК) устанавливаются нормативы качества окружающей среды в соответствии с химическими показателями, включающие нормативы выбросов, сбросов и размещения отходов производства и потребления.

Несмотря на наличие литературной, нормативной базы об индикации промышленных загрязнений, их анализе и прогнозе, существует недостаток информации и требований о долгосрочных загрязнениях земель, риске и определении референсных показателей, учитывающих геоэкологические, социальные и экономические условия конкретных территорий и источников загрязнения. Затруднительно определение влияния загрязняющих веществ, в частности металлов и их ассоциаций на подземные воды непитьевого качества и почвы, определение достоверных нормативов размещения отходов производства и потребления в различных накопителях. Это связано с отсутствием ПДК подземных вод непитьевого качества, ПДК ряда металлов и их ассоциаций в почвах и не в полном объеме учитываются геоэкологические условия объектов. Отдельно для производственно-технических подземных вод, либо попутно-добываемых карьерных вод при эксплуатации горных выработок, относящихся к подземным водам непитьевого качества, нормативные документы в настоящее время также отсутствуют.

При выполнении оценки уровня загрязнения компонентов окружающей среды (РНД 03.1.0.3.01-96) проводится расчет понижающих коэффициентов, учитывающих миграцию в подземные воды, степень переноса из накопителей отходов производства на почвы прилегающих территорий и эолового рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере путем выноса дисперсий, но данная методика нуждается в дополнении с точки зрения геоэкологического подхода. Инструкция по организации и проведению ОВОС (Приказ №280, 2021) является процедурным документом по этапам ее реализации.

В Казахстане с 2013 года началась реализация государственной программы "Казахстан – 2050", в которой определены направления концепции по переходу к Зеленой экономике, целью которой является улучшение качества жизни населения, экономическое развитие территорий при снижении отрицательного воздействия на природный фонд регионов. Основное направление экологической политики - рациональное использование природных ресурсов, сохранение и бережное отношение к природе, устойчивое развитие, применение альтернативных ресурсов, акцент на использование возобновляемых природных ресурсов, комплексное освоение недр, вторичное использование отходов производства и потребления, предотвращение превышения критических показателей воздействия на среду, недопущение экологического риска, компенсация нанесенного вреда геосистемам, построение эффектив-

ной структуры размещения операторов природопользования в пространстве, сохранение особо охраняемых природных территорий, плата за природопользование, участие государственных органов и общественных экологических объединений. Эколого–экономическое направление природопользования способствует рациональному использованию ресурсов: лимитирование загрязнений от производства, применение увеличенных ставок платежей за чрезмерное использование ресурсов, выплаты за порчу или потерю природных компонентов и др. Данное направление является ресурсосберегающим и действует при условии комплексного изучения геоэкологических показателей территории. Долгосрочное пользование ресурсами, включая недропользование, водопользование, должно обеспечивать восстановление ресурсов, их потребление с учетом возможности естественной реабилитации, охрану. Все это достигается при применении рационального эколого-экономического механизма природопользования (нормативы, стандарты, сроки использования, степень нагрузки). Установление показателей качества окружающей среды с целью улучшения состояния природы урбанизированных территорий должно обеспечить:

- 1) поэтапное достижение нормативов качества окружающей среды, особенно в промышленных регионах;
- 2) экологическую безопасность и снижение рисков для здоровья населения;
- 3) нормирование качества окружающей среды с учетом социально-экономических условий, необходимости сохранения геосистем, генетического фонда растительного и животного мира.

Вопросы загрязнения и изменения геосистем в условиях горнодобывающей деятельности характеризуются высокой актуальностью, обусловленной глубиной, длительностью и масштабностью воздействия. Анализ литературных источников, нормативно–правовой базы и собственные исследования показали, что сопряженное использование геосистемного подхода является наиболее перспективным для целей мониторинга, контроля и разработки путей восстановления техногеосистем в условиях добычи полезных ископаемых. Для реабилитации нарушенных территорий целесообразен комплексный геоэкологический подход, основанный на анализе существующих фундаментальных исследований с учетом нормативно-правовой базы и особенностей региона.

2 ПРИРОДНЫЕ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ: ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗВИТИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

2.1 Природные и социально-экономические условия Карагандинской области

В Центральной части Казахстана расположен Карагандинский регион, граничащий с 9 областями (Южно-Казахстанской, Жамбылской, Акмолинской, Павлодарской, Костанайской, Восточно-Казахстанской, Актюбинской, Кызылординской, Алматинской). Территория региона составляет 15,7 % (42798,0 тыс.га) от общей площади Казахстана (Национальный доклад, 2021). Численность населения области составляет 1 378 533 человек (7,5% от численности Республики). В 2022 году в Казахстане образовалась Улытауская область с административным центром городом Жезказган.

Регион расположен на возвышенной части Казахского мелкосопочника Сары – Арки, неоднородном в геоморфологическом отношении с абсолютной высотой 400...1000 м. Для данной территории характерны мелкосопочные понижения, долины рек, временные водотоки (рис. П1.1). Область граничит с Торгайской ложбиной, Туранской низменностью, пустыней Бетпакдала и озером Балхаш. Преобладают степные, полупустынные и пустынные зоны (рис. П1.2). Климат резко континентальный, сухой. Зима холодная, продолжительная; лето жаркое, засушливое, ветреное. Средняя температура января - - 17°C, июля - 21°C. Среднегодовые (январь-декабрь) температуры воздуха и их аномалии, осредненные по областям Казахстана и ранги аномалий (Национальный доклад 2018, 2019, 2021) приведены в таблицах (табл. 2.1).

Среднегодовое количество осадков изменяется от 130 мм и менее в зависимости от района области и до 310 мм, и более. Наименее обеспеченным является район Прибалхашья. Осадки теплого периода на северо-востоке области исчисляются в среднем 200-270 мм, а в пустынной зоне всего лишь 65-80 мм. На начало весны сформировываются недостаточные влагозапасы в метровом слое почвы в западной, северной, центральной (включая Карагандинский регион) и восточной частях Казахстана. В апреле - мае малое количество осадков (менее 60 %, местами менее 20 %) и экстремальные температуры способствуют образованию атмосферной и почвенной засух. На большей части территории Западно-Казахстанской, Актюбинской, Костанайской, Северо-Казахстанской, Акмолинской, Карагандинской областей, а также в некоторых районах Павлодарской и Восточно-Казахстанской отмечаются весенние почвенные засухи в течение 3-5 декад. В июне-августе из-за погодных условий, аналогичных весеннему периоду (сильный дефицит осадков и экстремальные аномалии температуры воздуха) почвенные засухи фиксируются в летний период в течение 3-9

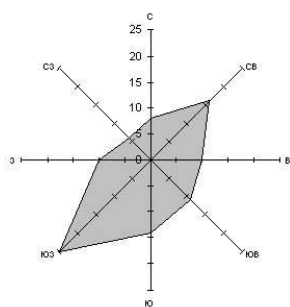
декад в западной, северной, центральной и восточной частях Казахстана (Национальный доклад 2020, 2021; рис.П1.3).

Таблица 2.1 Среднегодовые температурные значения воздуха и их аномалии (Национальный доклад 2020, 2021)

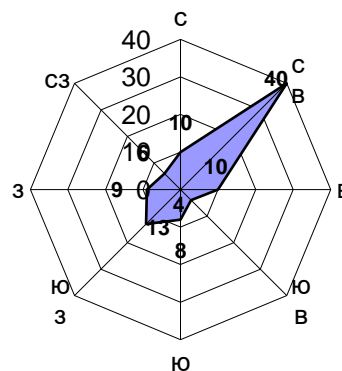
Регион/ область	Среднегодовая температура	Аномалия отно- сительно перио- да с 1961- 1990гг.	Ранг за пе- риод с 1941- 2021 гг.	Зарегистрированное рекордное значение аномалии
Казахстан	7,0	1,58	5	1,92 (2020)
Алматинская	8,2	1,49	8	1,92 (2015)
Акмолинская	3,1	1,02	21	2,60 (2020)
Актюбинская	7,4	2,10	3	2,23 (2020)
Атырауская	11,7	2,63	1	2,63 (2021)
Восточно- Казахстанская	4,4	1,23	15	2,04 (2002)
Жамбылская	11,2	1,58	6	2,03 (2013)
Западно- Казахстанская	8,9	2,50	3	2,62 (1995)
Карагандинская	5,0	1,24	12	2,05 (2013)

На большей территории максимальная средняя скорость ветра составляет 7,8 м/с в холодный период года, а минимальная в теплый период года – 3,0 м/с (СП РК 2.04-01-2017; https://karaganda-region.gov.kz...region_1_3), что обуславливает массовую миграцию загрязнений. Восточное и северо-восточное направление ветра характерно в южной части области, юго-западное и южное – для северо-восточной части территории (https://karaganda-region.gov.kz...region_1_3). Розы ветров территорий Центрального Казахстана приведены на рисунке 2.1. Суховеи наблюдаются в Карагандинской области в мае, июне, июле и августе продолжительностью от 5 до 24 суток (наиболее продолжительные суховеи наблюдаются на метеостанции Саяк в июле (Национальный доклад, 2020, 2021)).

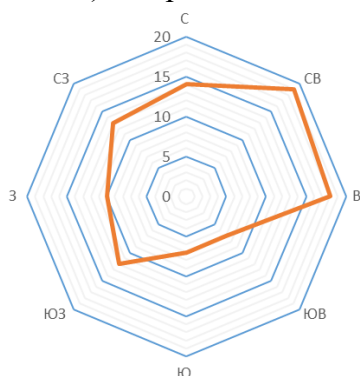
Наибольшее количество загрязняющих веществ содержится в выбросах промышленных предприятий, расположенных на территории таких промышленно развитых регионов республики, как Восточно-Казахстанская, Карагандинская, Павлодарская, Актюбинская, Костанайская, Западно-Казахстанская, Жамбылская области, в городах Алматы и Астана и в выбросах автомобильного транспорта (Национальный доклад, 2020, 2021).



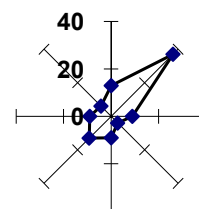
а) г.Караганда



б) Актогайский район



в) г.Жезказган



г) г.Балхаш

Рисунок 2.1 – Среднегодовые розы ветров основных промышленных участков (построены по данным Национального доклада 2020, 2021; Государственного климатического кадастра, 2021)

Центральный Казахстан включает в себя Нура-Сарысуский, Балхаш-Алакольский, Ишимский, Иртышский и Тобол-Торгайский речные бассейны. Имеется 599 водных объектов, в т.ч. 107 рек, 83 озера, 409 искусственных водоемов, плотин с гидротехническими сооружениями. Густота речной сети уменьшается с севера на юг в зависимости от рельефа. Только 11 рек имеют протяженность свыше 100 км. На юго-востоке находится часть побережья озера Балхаш – третьего по величине водоема Казахстана. Важную роль в балансе водообеспеченности играют водохранилища и каналы: Самаркандское (на р.Нура), Шерубайнуринское (на р.Шерубайнура), Кенгирское (на р.Кенгир), Жездинское (на р.Жезды), а также десятки небольших прудов на мелких водотоках (табл. 2.2, 2.3).

Таблица 2.2 Объем водопотребления из природных источников (млн.м³) (Национальный доклад, 2018)

Регионы	2015 год	2016 год	2017 год	2018 год
Республика Казахстан	22852,5	24623	25279	24829,3
Карагандинская	1 811,8	1 639,9	1 449,5	1 400,7

Таблица 2.3 Качественная характеристика водных объектов Карагандинской области (Национальный доклад, 2020, 2021)

Водный объект	Класс качества воды
Вдхр. Самаркан	4 класс
Вдхр. Кенгир	4 класс
Река Нура	4 класс
Река Кокпекты	4 класс
Озеро Шолак	4 класс
Озеро Ессей	4 класс
Озеро Султанкельды	4 класс
Озеро Кокай	4 класс
Канал им. К. Сатпаева	4 класс
Река Соқыр	Не нормируется (>5 класса)
Река Шерубайнура	Не нормируется (>5 класса)
Река Сарысу	Не нормируется (>5 класса)
Река Кара Кенгир	Не нормируется (>5 класса)
Озеро Балхаш	Не нормируется (>5 класса)

Условия расположения территорий влияют на формирование качественных характеристик плодородия, что отражается на направлении землепользования (рис. П1.4). От этого зависит установление вида и режима землепользования. Структура и распределение производственных объектов, выбор направления деятельности, ведение мониторинга состояния земельных ресурсов и качества земель, рациональное и комплексное землепользование основывается на условном разделении территорий отраслей экономики.

Нуринский, Осакаровский, Бухар-Жырауский и Каркаралинский районы находятся в степной ландшафтной зоне с каштановыми почвами, небольшими участками малогумусных южных черноземов. Пойменные луга, солонцы и солончаки с пустынной степной и лугово-солончаковой растительностью наиболее распространены. Абайский, север Жанааркинского, Шетского и Актогайского, юг Нуринского районов расположены в полупустынной ландшафтной зоне. Она характеризуется сухим, резко-континентальным климатом. Территория представлена бедными гумусом светло-каштановыми, бурыми почвами с преобладанием солонцов и солончаков в понижениях рельефа и наличием полынно-злакового травостоя. Для полупустынной зоны характерны грубоскелетные щебенистые почвы с типчаково-полынными кустарниками.

Центральная, юго-восточная и юго-западная части Улытауского, Жанааркинского, Шетского и Актогайского районов представляют пустынную ландшафтную зону, которая имеет засушливый климат, очень низкий уровень осадков и слабую обводненность, высокую испаряемость, резкие суточ-

ные и годовые изменения температуры воздуха и почвы, концентрацию солей в почве, разреженный растительный покров (рис. 2.2).

В Карагандинском регионе защебненные почвы встречаются на холмистых пространствах и занимают порядка 13 млн.га; солонцовые почвы - порядка 11 млн. га; такыры, песчаные, каменистые россыпи, щебнистые отложения, солончаки составляют около 600 тыс. га.



Рисунок 2.2 – Растительность в пустынной зоне Актогайского района (фото автора)

Животный мир достаточно разнообразен: около 70 видов млекопитающих, 205 видов птиц, 13 видов рептилий, 3 вида амфибий и свыше 20 видов рыб (https://karaganda-region.../region_1_3). В Центральном Казахстане имеются особо охраняемые территории (ООПТ) (табл.2.4).

Таблица 2.4 Особо охраняемые природные территории (составлена по данным (Национальный доклад, 2020)

Название		Район	Площадь, тыс.га
1	Каркаралинский государственный национальный природный парк	Каркаралинский	90,3
2	Жезказганский ботанический сад	г. Жезказган	0,062
Государственные природные заказники (ГПЗ):			
3	Белодымовский ГПЗ	Осакаровский	3
4	Бельгагашский ГПЗ	Бухар – Жырауский	1,5
5	Кувский ГПЗ	Каркаралинский	33,5
6	Бектауатинский ГПЗ	Актогайский	0,5
7	Караагашский ГПЗ	Жанааркинский	15
8	Кызыларайский ГПЗ	Актогайский	18
9	Улытауский ГПЗ	Улытауский	19
10	Туранговый ГПЗ	Актогайский	0,05
11	Когашинский ГПЗ	Жанааркинский	6,8
12	Болдеутас ГПЗ	Каркаралинский	44,7

Значительные площади земель отводятся для разведки, доразведки и добычи полезных ископаемых и составляют 813,8 га. Распределение земельного фонда области по назначению представлено на рисунке 2.3 и в таблицах 2.5, 2.6 (Национальный доклад, 2020, 2021).

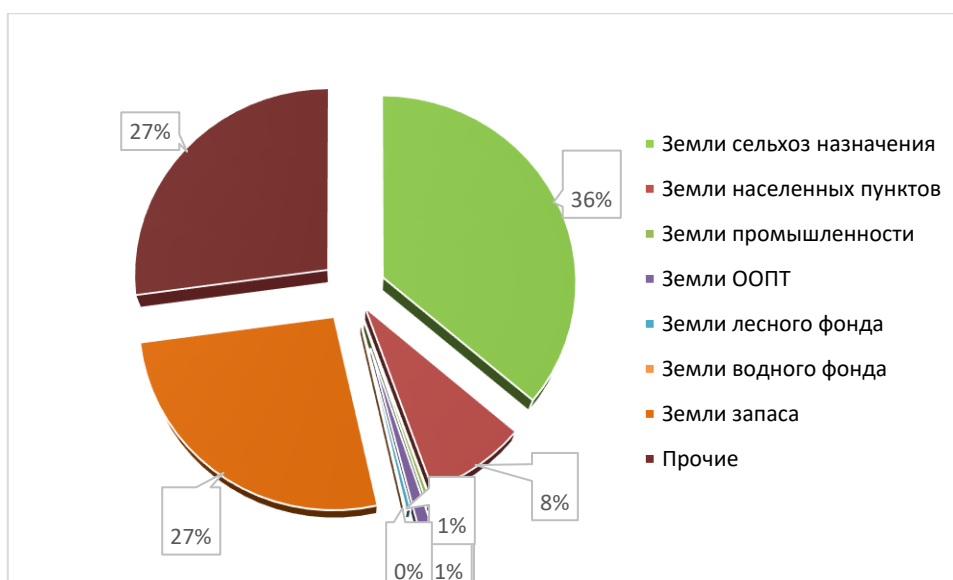


Рисунок 2.3 – Доля распределения земельного фонда Карагандинской области по категориям, % (Национальный доклад, 2020, 2021)

Таблица 2.5 Структура землепользования Центрального Казахстана по назначению (составлена автором на основе статистических данных (Национальный доклад, 2021))

№	Название категории	Площадь, тыс. га	Процентное содержание, %
1	Земли населенных пунктов	4121,4	8,9
2	Земли сельскохозяйственного назначения	18037,0	36,2
3	Земли промышленности, транспорта, связи и иного назначения	181,2	0,54
4	Особо охраняемые природные территории	550,3	1,29
5	Земли лесного фонда	190,2	0,47
6	Земли водного фонда	50,0	0,13
7	Земли запаса	13127,4	27,4

Таблица 2.6 Земельный фонд Карагандинского региона за 2018-2021 годы, тыс.га (Национальный доклад, 2021)

Год	Земли сельскохозяйственного назначения	Земли населенных пунктов	Земли промышленности и др.	Земли ООПТ	Земли лесного фонда	Земли водного фонда	Земли запаса
2018	14 887,8	3 919,7	199,1	550,4	204,2	55,7	16 396,2
2019	14 750,6	3 936,3	214,5	550,5	204,1	63,6	16 118,9
2020	14 584,5	3 919,3	234,7	550,0	204,3	55,6	16 096,0
2021	18037,0	4121,4	181,2	550,3	190,2	50,0	13127,4

Область является центром сосредоточения горнодобывающей и горно-перерабатывающей промышленности: 100 % запасов марганца республики, 36 % меди, 80 % вольфрама, 64 % молибдена, 54 % свинца, более 40 % угля

(в том числе, 100 % запасов коксующихся углей) (<https://eiti.geology.gov.kz...polzov>; <http://www.grandar...resursy.html>).

На территории Карагандинской области операции по недропользованию осуществляются по 247 контрактам на недропользование (Национальный доклад, 2021). Горнодобывающая промышленность занимает ведущее положение в республике не только по действующим, но и по проектируемым объектам. Несмотря на то, что из общего земельного фонда области для промышленности отведено около 1 % территории, ее влияние на состояние окружающей среды чрезвычайно велико. Среди регионов РК наибольшая площадь нарушенных земель находится в Центральном Казахстане – 45 тыс. га, а также 29,4 % отходов горнодобывающего комплекса страны.

По объемам производства: 100% добычи марганцевой руды, 99,5% - медной руды, 100% - плоского проката, 99% - производства кокса, 94,7% - меди рафинированной в виде заготовок, 92,7% – стали сырой, 78,9% - аффинированного серебра, 61,7% - меди в медном концентрате, 53,1% - производства извести, 28,5% - добычи каменного угля, 16,4% - железной руды. В регионе сконцентрированы запасы нерудных материалов для строительной промышленности. Металлургическая, энергетическая, угольная, химическая, пищевая, строительная отрасли базируются на наличии разнообразного природного ресурсного потенциала региона.

Регионообразующей отраслью является горнодобывающая и горноперерабатывающая промышленности (не менее 46% валового продукта). (<http://kazspecgeo.com/services/designing-of-mining...html>). Разведка и эксплуатация новых месторождений основана на высоком природном потенциале региона. Согласно оценочным прогнозам по области запасы меди составляют около 30 млн.т, свинца – 21 млн.т, цинка – 23 млн.т (<http://investkz.com/journals/110/1516.html>; Голицын, 1973).

Горнодобывающая промышленность региона включает в себя добычу угля, металлических и железных руд, а также руд цветных металлов. Геологические запасы угля оцениваются в 51 млрд. т. Большая доля запасов приходится на коксующийся уголь, залегающий компактно пластом на территории 3 тыс. км². Карагандинский угольный бассейн является наиболее газоносным среди угольных бассейнов стран СНГ и детально изучен с точки зрения геологических структур. На южном обрамлении Карагандинского угольного бассейна известны свинцово-цинковые рудопроявления и Жалаирское месторождение барита. В различных частях бассейна выявлены 20 месторождений известняков (Астаховское, Сарыапанское, Волынское, Южно-Топарское и др.), пригодных для использования в металлургической, химической, цементной промышленности. В Спасской зоне выявлено около 20 мелких месторождений меди вулканогенно-осадочного генезиса (Жалгызтобе, Жетимшоки, Кызылшоки, Кожаконган, Кызылогиз, Коктал, Сарыадыр, Алтынтобинское и Спасское месторождение и др.), свыше 250 рудопроявлений меди и несколько геохимических аномалий. Открыты и разведаны месторождения пиррофиллита, мрамора (Серых, 2009;

region.gov.kz/ru/region). При этом значительные территории заняты накопителями промышленных отходов от предприятий горнодобывающей и металлургической отраслей. Имеющиеся нарушение и загрязнение почвы в местах добычи месторождений зависит от уровня техногенного воздействия и в последствии отражается на состоянии растительного покрова.

По статистическим данным в республике площадь нарушенных земель составляет порядка 245 тыс. га. Территории являются нарушенными в связи с расположением на них накопителей промышленных отходов (отвалы, хвостохранилища и прочее), мест ведения открытых горных работ, прогибы, провалы после добычи шахтным способом. На Карагандинскую, Костанайскую, Мангистаускую, Акмолинскую, Восточно-Казахстанскую, Актюбинскую, Павлодарскую области приходится наибольшая нагрузка по нарушению территорий.

В результате деятельности предприятий горно-металлургического комплекса в Республике свыше 22 млрд. т накопленных отходов приходится на горно-металлургический комплекс, из них порядка 4 млрд. т отходов горного производства. Площади, занимаемые накопителями отходов цветной металлургии, составляют около 15 тыс. га, из них отвалы горных пород занимают 8 тыс. га, хвосты обогатительных фабрик – около 6 тыс. га и отвалы металлургических заводов – более 500 га.

В результате эмиссий горно–металлургической отрасли происходит загрязнение территорий медью, цинком, кобальтом, кадмием и свинцом. В промышленных городах региона (Балхаш, Жезказган, Караганда, Темиртау) мониторинг за состоянием окружающей среды, в том числе за загрязнением почв тяжелыми металлами, проводит РГП «Казгидромет». В таблице 2.7 представлена информация по концентрациям тяжелых металлов в пробах почв (Национальный доклад, 2020, 2021).

Таблица 2.7 Концентрации тяжелых металлов в почвах, мг/кг
(<https://zem-krg.gov.kz/uploads/...pptx>, Национальный доклад, 2021)

Город	Цинк		Медь		Хром		Свинец		Кадмий	
	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.
г.Караганда	12,4	22,1	0,84	3,64	0,26	0,74	17,2	24,6	0,15	0,26
г.Жезказган	44,6	169,1	11,2	66,8	1,68	3,84	89,6	268,4	1,02	2,64
г.Балхаш	74,8	308,4	39,8	120,6	1,1	9,6	197,8	702,4	3,8	12,4
г.Темиртау	15,8	26,4	0,62	3,64	0,68	2,84	20,2	37,8	0,3	0,64

По состоянию на 2021 год площадь нарушенных земель при разработке месторождений полезных ископаемых, строительстве различных производственных объектов, дорожной сети и прочее в Республике составляет порядка 245 тыс. га, из них полностью обработанных и подлежащих рекультивации - 55,8 тыс.га. Самые значительные площади таких земель приходятся на Мангистаускую (70,5 тыс.га), Карагандинскую (45 тыс. га), Костанайскую

(40,1 тыс. га). В области в 2021 году рекультивировано 26 га, что составляет менее 1%. По статистическим данным максимальные объемы отходов горнодобывающей отрасли приходятся на Карагандинскую область (29,4%), Восточно-Казахстанскую (26%), Костанайскую (17%), Павлодарскую (15%) (Национальный доклад, 2020, 2021). В регионе за 2021 год было образовано 195,1155 млн.т промышленных отходов, из них утилизировано 48 %. Оставшийся объем отходов размещается в накопителях (отвалах, хвостохранилищах).

2.2 Геохимические аномалии, сопутствующие месторождениям полезных ископаемых Карагандинского региона

Как известно, геохимической аномалией называют любое отклонение от геохимического фона (от среднего в почвах или кларка горных пород) содержания химических веществ. Надфоновые аномалии (избыточного типа) называются положительными, нижефоновые (дефицитного типа) называются отрицательными (Серых и др., 2009). Содержание химических элементов зависит от действия региональных экстерналий. Например, типичная для золоторудных месторождений ассоциация Au–Cu–As–Pb–Zn–Fe, при воздействии ветровой эрозии трансформируется в новые ассоциации Au–As–Fe и Cu–As–Zn–Au–Fe (Сунгатуллин, 2012).

Рудные узлы состоят из одного или более рудных месторождений, рудопроявлений, эндогенных и экзогенных геохимических аномалий избыточного типа. Среди полезных металлов рудных узлов различают главные и второстепенные. Под эколого-геохимической аномалией (ЭГА) понимают геохимическую аномалию избыточного или дефицитного типа, способную оказывать влияние на здоровье человека и животных. Такие аномалии бывают природные и техногенные (Серых и др., 2009). В настоящее время в пределах разрабатываемых рудных узлов, могут располагаться отвалы шахт и карьеров, рудные склады, хвосты обогатительных фабрик, которые могут стать источниками миграции в почву различных химических элементов тем самым способствуя появлению техногенных геохимических аномалий.

Полученные техногенные территории, отрицательные изменения в состоянии здоровья населения являются результатом косвенного негативного воздействия производства. Комплексное рациональное недропользование, разработка защитных мероприятий, установление буферных зеленых зон, меры по охране здоровья населения лежат в основе проведения эколого-геохимической оценки деятельности горной отрасли. На основании анализа деятельности по добычи разработана следующая классификация геохимических аномалий: литогеохимические; атмогеохимические; гидрогеохимические; геохимические; биогеохимические (Алексеев, 2000, 2006; Сунгатуллин, 2012).

Подавляющее большинство избыточных ЭГА меди находится в пределах Казахского мелкосопочника. Площадь отдельных аномалий варьируется от 635 до 8046 км² (Серых и др., 2009; <https://industry...html>). Почти половина

из них находится в Жезказганском и Балхашском районах. В Шетском районе отмечается небольшая зона избытка цинка. Кларк цинка в почвах – 50 г/т, а его фоновое содержание в почвах – 80 г/т. Большинство участков избытка цинка совпадает с аналогичными зонами меди, что связано с близостью геохимических свойств этих элементов (Серых и др., 2009). По карте эколого-геохимических аномалий Актогайский и Шетский районы расположены в зоне аномалий свинца. Кларк свинца в почвах – 10 г/т, в то время как его фоновое содержание в почвах – 25 г/т.

В Центральном Казахстане особенностью является то, что примерно на 80% его площади обнажаются скальные породы, либо образованные по ним дресвяники, дресвянистые суглинки, аркозы и т.п. породы приблизительно идентичные по составу коренным. Таким образом, все геохимическое разнообразие горных пород выступает почти в своем первозданном виде и наследуется почвами, водами, растениями. В отличие от других территорий, перекрытых осадочными породами (платформенные сениклизы, крупные седиментогенные впадины и прогибы и т.п.) территория Центрального Казахстана полностью располагается в пределах геологической структуры известной как Казахский кристаллический щит. В пределах большей части этой структуры (80%), выходят на поверхность или очень близко к ней подходят кристаллические породы, резко различающиеся между собой по содержанию химических элементов (до десятков раз). Все эти геохимические максимумы и минимумы наследуются лежащими на них почвами, грунтовыми и поверхностными водами, а также произрастающими здесь растениями. При этом, характерный признак почв в рассматриваемом регионе - сильная скелетность, что может вызывать пыление, а территории, нарушенные ведением горных работ, в основном, лишены растительности, которая играет роль защиты от выдувания.

Существуют выделенные, по результатам анализа геохимических съемок почв, геохимические аномалии (Серых и др., 2009). Планомерное проведение таких съемок было начато в 50-годах XX века и к настоящему времени ими покрыта почти вся территория Центрального Казахстана. Имеются карты распределения Cu, Zn, Pb, Mo, Co в геохимических аномалиях почв; Si, Al, Fe ($Fe^{+2} + Fe^{+3}$), Fe_2O_3/FeO , Ca, Mg, Cu, Zn, Pb, Mo, Co, B и F в коренных породах, а также данные о распространении рудных концентраций этих элементов по всей площади региона. Обобщение полученных материалов проводилось с целью выявления закономерностей распределения химических элементов в ореолах рассеяния рудных месторождений, разработки и усовершенствования методики геохимических поисков (Серых и др., 2009). Собранные информация о содержании важнейших эссенциальных (Zn, Cu, Mo, Co), условно эссенциальных (B) и токсичных (Pb) элементов в геохимических ореолах сравнивалась с ПДК этих элементов в почвах (Гигиенические нормативы, 2015; ГН 2.1.7.2041-06; Совместный приказ, 2004). Объектами опробования при геохимических съемках были покровные элювиально-делювиальные образования. За более чем полувековой период проведения

съемок накоплена огромная информация, включающая результаты анализов более 20 млн. геохимических проб (Серых и др., 2009).

Выходящие на поверхность рудные концентрации учитываются на уровне рудных узлов, которые в первоизданном виде состоят из одного или более месторождений, рудопроявлений, эндогенных и экзогенных геохимических аномалий. При этом подавляющее большинство рудных узлов разрабатывалось или разрабатываются в настоящее время. На территории региона картина дополняется присутствием отвалов вскрышных пород, рудных складов, хвостохранилищ, золонакопителей. В настоящее время строительство отвалов, хвостохранилищ и иных накопителей отходов продолжается.

Изучение экологической роли осваиваемых рудных узлов и ее значимость высоки. На пример, породные отвалы располагающиеся юго-западнее поселка Карагайлы на площади около 275 га содержат свинец - 0,13%, цинк - 0,16%, кадмий - 0,04%, мышьяк - 0,01%. Располагающиеся северо-западнее поселка Карагайлы хвостохранилища (380 га) содержат до 23% барита, 0,3% цинка, 0,13% - свинца, 0,05% - меди, 0,0013% - ртути, 0,015% кадмия и мышьяка, 0,0006% - таллия (Серых и др., 2009).

Как правило, рядом с обогатительными фабриками могут находиться склады забалансовых руд с очень высокими концентрациями химических элементов 1 класса опасности: свинца - до 2%, цинка - до 1%, ртути - 0,00064%, кадмия - 0,01%, мышьяка - 0,02%. Ветровая и водная эрозии разносят эти вещества на 5-10 км вокруг месторождения. Прилегающие почвы содержат концентрации свинца, бария, цинка, ртути, меди, кадмия, серебра, стронция, молибдена, мышьяка, фтора, таллия, сурьмы превышающие ПДК (Гранкин и др., 2002).

При выделении ЭГА использовались только основные компоненты руд (Si, Al, Fe, Ca, Mg, Cu, Zn, Pb, Mo, Co, B, F), хотя и другие могут вносить вклад в осложнение экологической ситуации региона. Существующие геохимические карты в изолиниях кларк-концентраций позволяют выявить экстремальные (выше или ниже фоновой) геохимические аномалии. При помощи этих карт был сделан анализ природного содержания химических элементов в почвах рассматриваемых месторождений.

По карте «Районирование территории Центрального Казахстана» (Серых и др., 2009) по величине коэффициента окисления $f = \text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ в протерозой-юрских горных породах Актогайский район находится в зоне окислительно-восстановительных условий ($0,50 < f < 1,50$); Шетский район находится в зоне с преобладанием восстановительных условий ($f \leq 0,50$). Железо является распространенным в природе элементом, его кларк в земной коре - 4,65%. Наиболее высокие средние содержания суммы закисного (FeO) и окисного (Fe₂O₃) железа в Центральном Казахстане установлены в метаморфитах основного состава - экологитах (14,90%), амфиболитах (13,07%) и metabазальтах (12,53%), а наиболее низкие - в карбонатных породах: известняках (0,36%), доломитистых известняках (0,37%), доломитах (0,54%) и кремнеземистых известняках (0,66%). Кларк железа в почвах - 3,8%, данные о его фоновых концентрациях в почвах региона отсутствуют.

По карте эколого-геохимических аномалий кобальта в Шетском районе можно отметить незначительную аномалию дефицита кобальта. Актогайский район не расположен ни в зоне дефицита, ни в зоне избытка кобальта. Большинство эколого-геохимических аномалий кобальта дефицитного типа расположены в северо-восточной и южной частях Казахского мелкосопочника, где они приурочены к пустынно-степной, пустынной и меньше степной природным зонам. Рассматриваемое золоторудное месторождение находится в этом районе. При этом, по карте эколого-геохимических аномалий меди (Серых и др., 2009) Актогайский и Шетский районы расположены в зоне избытка меди. Кларк меди в земной коре – 47 г/т.

В Центральном Казахстане наиболее высокое содержание меди установлено в экологитах (136 г/т) и амфиболитах (103 г/т), минимальное – в известняках и известковых доломитах – 9 г/т. Кларк меди в почвах – 20 г/т. Однако по данным МД «Центрказнедра» фоновое содержание меди в почвах Центрального Казахстана более чем вдвое выше – 48 г/т. Подавляющее большинство избыточных эколого-геохимических аномалий меди находится в пределах Казахского мелкосопочника, реже, на его склонах, располагаясь в различных природных зонах – пустынной, полупустынной, сухостепной и степной. Площадь отдельных зон избытка меди варьирует в пределах от 635 до 8046 км². Почти половина аномальных зон меди находится в пределах восточной части Карагандинского региона. Отдельные зоны тяготеют к центрам горнодобывающей и перерабатывающей промышленности - Жезказганскому и Балхашскому районам.

В Шетском районе по карте эколого-геохимических аномалий цинка отмечается небольшая зона избытка цинка. Кларк цинка в почвах – 50 г/т, а его фоновое содержание в почвах Центрального Казахстана в 1,6 раз выше этой величины – 80 г/т. Большинство избытка цинка совпадает с аналогичными зонами меди, что связано с близостью геохимических свойств этих элементов. По карте эколого-геохимических аномалий молибдена Актогайский и Шетский районы находятся в зоне избытка молибдена. Кларк молибдена в почвах 2 г/т, а его фоновое содержание в почвах Центрального Казахстана – 3 г/т. Молибден является постоянной составной частью растительных и животных организмов. Его главной функцией для растительности является участие в усвоении растениями азота. Ряд растений на почвах бедных молибденом погибают.

Достаточно сложными являются взаимоотношения молибдена и свинца в растениях. При поступлении в растения небольшого количества свинца растет содержание молибдена как компенсатора вредного воздействия свинца. При значительных содержаниях свинца молибден вытесняется из растений. Среди ЭГА молибдена резко преобладают аномалии избыточного типа. Их площадь 99553 км². Зоны избытка этого элемента образуют ареалы в восточной, центральной и юго-восточной частях Казахского мелкосопочника. Зоны избытка молибдена обычно соответствуют молибденоносным рудным узлам и выходам геохимически специализированных на этот элемент кислых и ультракислых магматических образований, обогащенных органикой ком-

плексов осадочных пород. Основная масса ЭГА молибдена избыточного типа находится в пустынно-степной, степной и меньше пустынной зонах.

По карте эколого-геохимических аномалий свинца Актогайский и Шетский районы расположены в зоне его избытка (почти на 100%). Кларк свинца в почвах – 10 г/т, в то время как его фоновое содержание в почвах Центрального Казахстана в 2,5 раз выше и составляет 25 г/т. ПДК свинца в почвах равна 32 г/т. Свинец относится к токсичным микроэлементам, избыток, вызванный техногенным загрязнением окружающей среды, приводит к глубоким нарушениям белкового и минерального обмена веществ. Избыточное содержание свинца приводит к уменьшению числа представителей микрофлоры в почвах, снижению урожайности растений. Практически все ЭГА свинца избыточного типа приурочены к обнаженным площадям Казахского мелкосопочника. Они располагаются преимущественно в степной природной зоне, меньше – в полупустынной и пустынной. Площади отдельных зон избытка свинца меняются от 880 до 5233,0 км², а в сумме занимают 33,7 % от площади региона. Аномалии избытка свинца протягиваются широкой, почти непрерывной полосой, в субширотном направлении через всю площадь Центрального Казахстана от гор Улытау на западе до Чингизских гор на востоке. Крупная аномалия избытка этого элемента выделяется северо-западнее озера Балхаш.

По карте эколого-геохимических аномалий фтора и бора в Актогайском районе отмечается небольшая зона избытка фтора. Его кларк в почвах – 200 г/т, а фоновое содержание в почвах изучаемого региона в 1,8 раза выше этой величины (360 г/т). Фтор является важным биогенным элементом, постоянной составной частью растительных и животных организмов. На территории Центрального Казахстана выделено 16 зон и участков избытка фтора общей площадью 44135 км², что составляет 8,39% от всей площади региона. Большинство аномалий фтора избыточного типа находится в пустынно-степной, реже в пустынной и степной природных зонах.

По токсичным элементам карты эколого-геохимических аномалий кремния и алюминия, где расположено золоторудное месторождение, отмечена зона избытка алюминия. После кислорода и кремния он является третьим элементом по распространенности в окружающей среде. В свободной химической форме не встречается, т.к. химически весьма активен, кларк в почвах – 7,13%. Алюминий относится к токсичным элементам, при высоком его содержании в почве деформируется и разрушается корневая система. Шесть ЭГА алюминия расположены в степной, три в пустынно-степной, а одна в пустынных природных зонах.

Распределение тяжелых металлов в вертикальных разрезах почв и техногенных песков отличаются друг от друга (Птицын и др., 2014). В почвах тяжелые металлы накапливаются преимущественно в поверхностном слое, значительная их часть доминирует в гумусе (на сорбционном барьере). В техногенных грунтах содержание тяжелых металлов растет при переходе к более глубоким горизонтам, что связано с увеличением в этом направлении доли мелких частиц. Коэффициент биологического поглощения растениями

тяжелых металлов (свинца, цинка, молибдена, вольфрама, мышьяка) не зависит от их валового содержания в почвах, а определяется внутренними и внешними факторами миграции элементов, типом ландшафта, видом растения.

Существующий механизм оценивания уровня загрязнения окружающей среды позволяет получить репрезентативные данные о состоянии района, установить степень загрязнения компонентов окружающей среды и дать оценку влияния техногенного воздействия ранее функционирующих промышленных объектов на окружающую среду, но не учитывает наличие геохимических аномалий.

2.3 Специфика воздействия на окружающую среду открытого, шахтного способов добычи и обогащения полезных ископаемых

Наряду с развитием добывающей промышленности, стоит проблема отрицательного воздействия разработки полезных ископаемых. Горнодобывающая деятельность приводит к нарушению естественного существования геосистем и способствует смене их техногеосистемами (Дьяконов, Дончева, 2002). При техногенных нагрузках происходит изменение структурно-функциональных отношений, сложившихся в процессе их эволюционного развития. Нарушается единство структуры и функции, присущих природным системам в естественных условиях, изменяется структура ландшафта, что вызывает цепную реакцию различных процессов и преобразований, сопровождающихся нарушением природных экологических связей.

В основном на рудных и угольных месторождениях добыча производится открытым способом, например: месторождения «Пустынное», «Карьерное», «Оркен», «Бапы», «Жалын», «Шубаркольское», «Кузнецкое» и др. Вскрышные породы транспортируются и складироваются в отвалы, руды перерабатываются на фабриках. На месторождениях обустраиваются карьеры: несколько действующих (наименования карьерам дают с учетом места их расположения, например: Центральный, Северо-Восточный, Северо-Западный, Южный) и несколько проектируемых, вводимых поочередно в эксплуатацию.

Практически сразу же обустраиваются обогатительные производства, например, золотоизвлекательные и обогатительные фабрики (ЗИиОФ), хвостохранилища, пруды-испарители и накопители, вспомогательные производства. На ЗИиОФ для переработки руд с низким содержанием меди (Варваринское месторождение используется технология прямого цианидного выщелачивания «СР» (уголь в пульпе)). Для переработки руд с высоким содержанием меди используется технология флотационного обогащения руды.

Шахтный способ добычи применяется в Карагандинской области в основном для выемки угля (ш. им.Ленина, ш.Саранская, ш.Абайская и др.). При шахтном способе отработки полезных ископаемых проектируется участок добычи, включающий комбайны, лавные конвейеры и перегружатели. Одновременно обустраиваются вспомогательные участки. Практически не-

возможно избежать образования отвалов вмещающей и пустой породы, прудов накопителей – испарителей шахтных вод.

В сравнении с открытым способом добычи, подземный способ отработки месторождений, представляется более щадящим для геосистем. При открытом, кроме загрязнения атмосферы серьезной проблемой является нарушение земной поверхности, практически без возможности ее восстановления (Айруни, 1979; Цешковская, 2017). Однако, оба способа добычи оставляют за собой значительный отрицательный след в виде отходов производства, которые впоследствии обуславливают геоэкологическую обстановку территории: образуют новые формы рельефа, способствуют изменению почвы, ведут к изменению в составе и численности флоры и фауны участков.

В Карагандинском регионе последствием ликвидации и консервации отработанных добывающих объектов (например, предприятия бывшего «Карагандауголь») является образование нарушенных, подлежащих реабилитации земель. Земли этих предприятий были нарушены в процессе добычи полезных ископаемых, размещения на них накопителей отходов (хвостохранилища, золоотвалы, шламонакопители и т.д.). На техногенные ландшафты региона, образовавшиеся в результате горнодобывающей деятельности, приходятся значительные территории (рис. 2.4, 2.5).

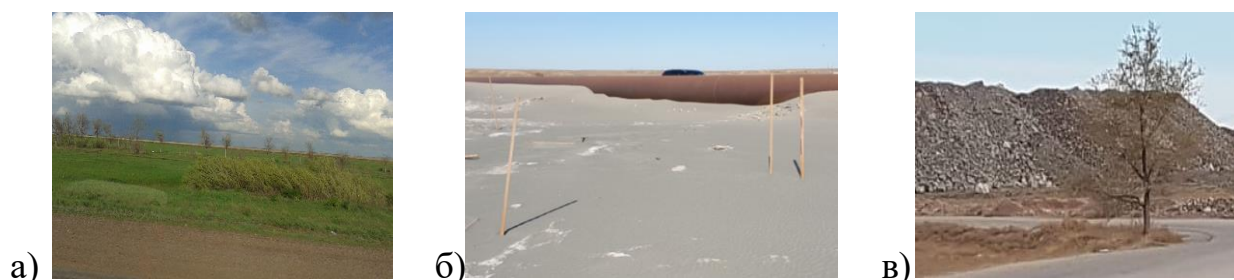


Рисунок 2.4 – а) естественный природный степной ландшафт (трасса на Топарское водохранилище недалеко от г.Караганда); б) техногенный ландшафт (хвостохранилище в Жезказганском регионе); в) отвал пустой породы вблизи г.Сатпаев (фото автора)

Географические факторы региона определяют разреженный растительный покров и высокую ветровую активность, что способствует ветровой эрозии почв, пылению и распространению загрязнителей на большие расстояния. Большое влияние оказывают естественный геохимический фон и последствия открытого способа добычи. Помимо эстетического преобразования рельефа, наблюдается загрязнение почв привносимыми химическими элементами и формирование техногенных ландшафтов с карьерно-отвальными геокомплексами горнодобывающих производств (рис.2.5).

Ситуация осложняется наличием площадных неорганизованных источников выбросов: отвалов, карьеров, террикоников, дорог. Для разработки месторождений вводятся в эксплуатацию карьеры, обогатительные фабрики, хвостохранилища, пруды-испарители или накопители, вспомогательные про-

изводства, что влияет на геоэкологическую обстановку территории (Афанасьев, 1989). Изменение ландшафта обуславливается прогибами и провалами земной поверхности вследствие выемки полезных ископаемых из недр.



Рисунок 2.5 - Техногенные ландшафты Карагандинской области (фото автора): а) отвал вскрышной породы; б) породный отвал в зимнее время; в) хвостохранилище, образованное после обогащения

Производственная деятельность промышленного комплекса региона сопровождается образованием значительных объемов промышленных отходов. Основная их часть представлена отходами, образованными при разработке месторождений, обогащении полезных ископаемых, металлургическом переделе минерального сырья, золошлаковыми отходами, которые относятся к техногенным минеральным образованиями (ТМО) (Кодекс о недрах и недропользовании, 2017). Количество промышленных отходов в накопителях составляет 7539,6 млн.т, в том числе: ТМО – 7411,9 млн.т, не относящихся к ТМО промышленных отходов – 128 523,4 тыс.т (Национальный доклад, 2020). Годовой объем промышленных отходов составляет 195 690,8 тыс.т, в том числе ТМО – 190 090,7 тыс.т, не относящихся к ТМО промышленных отходов – 5 600,1 тыс.т. Размещено в накопителях – 105 148,2 тыс.т/год, использовано, утилизировано, переработано, передано специализированным организациям – 90 542,6 тыс.т/год, что составляет 46 % от общего количества образования отходов.

В настоящее время стала актуальна промышленная переработка отвалов, что подразумевает собой извлечение оставшегося полезного компонента из отходов промышленности. Такие работы проводятся и на старых отвалах различных районов. Техногенные минеральные образования содержат неизвлеченные полезные компоненты и, в связи с этим рассматриваются как потенциальные техногенные месторождения. Техногенные минеральные образования представляют собой отвал относительно изометричной формы, простого строения. Минералогический состав распределения полезных компонентов соответствует рудам и породам Жезказганского месторождения, являющегося источником ТМО. При проведении работ по извлечению ценных минеральных компонентов из отвалов необходимо проводить особый контроль состояния поверхностных и подземных вод на территории месторождений. Это связано с тем, что растворы, используемые для выщелачивания, могут просачиваться и мигрировать, загрязняя водные объекты, почвы. Таким образом, необходимо принимать меры по исключению этой потенциаль-

ной опасности, включая удаление работ от водоохраных полос и зон водоемов и применение подстилающих материалов, препятствующих попаданию растворов в окружающую среду. Из возможных способов переработки наиболее целесообразны геотехнологические методы отработки месторождений полезных ископаемых. Геотехнологические методы, такие как кучное или подземное выщелачивание, не требуют экскавации или перемещения полезных ископаемых с сопутствующим вредным влиянием на окружающую среду. Для извлечения полезного компонента используются гидрометаллургические методы, которые не оказывают вредного влияния на окружающую среду, но только при условии исключения попадания химических веществ в почву. Технологический цикл считается замкнутым и не имеет жидких стоков в окружающую среду. Для исключения просачивания стоков в почву в конструкции траншеи-коллектора предусматривается использование геотекстиля при необходимости сохранения проницаемости бортов, и геомембраны для создания противодиффузионного экрана.

Несмотря на то, что загрязнение атмосферы при добыче полезных ископаемых не является самым сильным воздействием, тем не менее устанавливаются допустимые нормы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу с условием, что выбросы от добычи в совокупности с другими источниками предприятия, с учетом их рассеивания не образуют концентрации в приземном слое атмосферы, превышающие установленные ПДК. Объемы загрязняющих веществ, допустимые к выбросу в атмосферу, правильнее рассматривать комплексно, с учетом площади рассеивания загрязняющего вещества, времени воздействия и оседания эмиссий, частоты выбросов. Главными целями проведения оценки уровня загрязнения геосистем отходами предприятий является выбор такой нагрузки, при которой будет обеспечено в течение заданного промежутка времени сохранение требуемого состояния компонентов окружающей среды. Оценка уровня загрязнения окружающей среды проводится по компонентам: атмосферный воздух, гидросфера, земельные и биологические ресурсы (Методические указания, 2010; Гигиенические нормативы, 2015). Исходные данные для оценки уровня загрязнения окружающей среды берутся в результате обработки мониторинговых исследований. При размещении отходов важно не перейти допустимую нагрузку на геосистему, при которой сохраняется ее структура и функционирование, и не допустить перехода к опасной, критической и тем более катастрофической нагрузке. При определении нагрузки как критической или катастрофической, размещение отходов не допускается.

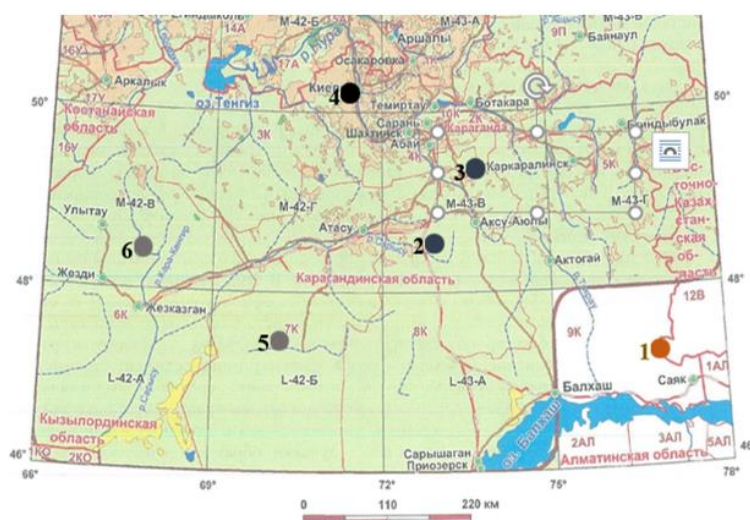
По местоположению проводимых природоохранных мероприятий в технологической цепочке освоения месторождений могут быть отдельно рассмотрены мероприятия, проводимые в периоды проведения геологоразведки, шахтного строительства, добычных работ и последующих процессов. Таким образом, выделяются следующие направления решения проблемы экологической безопасности развития горнодобывающего производства: технико-технологический, организационно-управленческий, экономический, социальный, биологический, информационный.

2.4 Объекты и методы исследования

Материалами для работы послужили литературные данные и результаты натурных исследований на месторождениях полезных ископаемых: золоторудное месторождение Актогайского района, железорудные месторождения Шетского и Каркаралинского районов, угольное месторождение Нуринского района и хвостохранилища обогатительных фабрик Жезказганского региона (табл.2.8, рис.2.6).

Таблица 2.8 – Характеристика исследуемых месторождений (составлена автором)

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
Железорудное, 164 га, открытый, 3 млн.т/год	Шетский район; в 7 км от ж/д разъезда Аркалы, 2010 г.	Степная; резко континентальный, засушливый	Мелкосопочный с общей тенденцией понижения на востоке и юго-востоке; плесы р.Чагогай и р.Сарыбулак	ГОК, карьер, отвал, хвостохранилище
Железорудное, 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, 2 км от поселка Крестовский. 1954 г.	Полупустынная; резко континентальный, сухой	Мелкосопочник с чередованием мелких возвышенностей с понижениями; р. Кара-Кенгир – 2км	Хвостохранилища



1 ●	Золоторудное месторождение	4 ●	Угольное месторождение
2 ●	Железорудное месторождение (Шетский)	5 ●	Хвостохранилище I
3 ●	Железорудное месторождение (Каркаралинский)	6 ●	Хвостохранилище II

Рисунок 2.6 - Исследуемые месторождения (составлено автором)

Данные месторождения выбраны в связи со следующими факторами:

- охват территории региона (с учетом различия природных условий, в том числе: климатических характеристик, рельефа местности, почв, растительного и животного мира);
- различия видового состава залежей полезных ископаемых (уголь, золото, железо и хвосты обогащения медных руд);
- различия длительности эксплуатации месторождений;
- воздействие на компоненты окружающей среды.

На рассматриваемых месторождениях добычные работы ведутся открытым способом. Отдельно исследовалось состояние земель Караганды. Экологический мониторинг основан на установлении точек наблюдений (сети), программы ведения (время и место) для изучения воздействия исследуемых промышленных объектов на окружающую среду. При этом определяется количества проб, частота и периодичность, объект отбора проб и их распределение по площади. Отбор проб и обработка результатов были основаны на существующих методах (СТ РК 2.297-2014, ГОСТ 28168-89, РНД 03.1.0.3.01-96, РНД 03.3.0.4.01-96; ГОСТ 17.2.4.05-83; СТ РК ГОСТ Р 51592 – 2003; Кузов, 1987). Исследования состояния атмосферного воздуха осуществлялось приборами: газоанализатором «ГАНК-4», анализатором пыли «Атмас», аспиратором «АВА-1», «Метеоскоп», портативным монитором качества воздуха «Aeroqual Series 500» (Методика, 2012; СТ РК 2.302-2014; KZ 07.00.01829-2013). Концентрации взвешенных веществ, оксидов серы, сероводорода, пыли неорганической (70-20% SiO₂) определялись газоанализатором. Анализатор пыли и портативный монитор качества воздуха применялись для экспрессных измерений пыли РМ 2,5 и РМ 10. Параметры микроклимата определялись прибором «Метеоскоп».

Проведение измерений. Газоанализатор «ГАНК-4» - малогабаритный переносной прибор с автономным питанием предназначен для автоматического непрерывного экспресс-контроля различных вредных веществ в диапазонах атмосферных концентраций от 0,5 ПДКс.с. до 0,5 ПДКр.з. Контроль вредных веществ производится с помощью сменных химкассет с реактивной лентой или встроенных датчиков – химических сенсоров, которые помещены в газовом канале внутри корпуса прибора. Один цикл измерения длится 20 секунд и на табло появляется текущая (разовая) концентрация вредного вещества в мг/м³, на следующий цикл измерения на табло уже две концентрации: текущая и средняя концентрация (С_{ср}) автоматически записываемая в память прибора. Для работы делается проверка правильной установки времени и даты; пробное включение газоанализатора с химкассетой и встроенным датчиком. Воздух (газовая проба) с помощью заборного зонда подается на вход газоанализатора. Подача газовой пробы в газовый канал в рабочем режиме производится непрерывно, т.е. малогабаритный встроенный насос не выключается и работает непрерывно во время всех измерений (время рабочего цикла 10 - 20 с). Для получения достоверных результатов проводятся 3 параллельных измерения, продолжительностью каждого 3 – 5 рабочих дней.

После проведения измерений подсчитывается усредненная концентрация, по которой оценивается загазованность объекта.

Отбор проб осуществляется аспиратором «АВА-1-120-01А» на один фильтр со скоростью прокачивания воздуха 100 л/мин. Отбор выполняется три раза по 30 минут. По окончании отбора проб определяется объём прокачанного воздуха с высокой точностью (3%), что снижает основную погрешность и минимизирует влияние человеческого фактора на результаты измерений. После прокачки воздуха фильтр снимается и отправляется на исследование в лабораторию для дальнейшей передачи отобранной пыли на элементный анализ (весовой метод).

Пылемер «Атмас» предназначен для мониторинга массовой концентрации пыли различного происхождения и химического состава в воздухе СЗЗ, промвыбросах в атмосферу с фракционным разделением взвешенных аэрозольных частиц РМ 10, РМ 2,5. Диапазон измерений массовой концентрации пыли составляет от 0,1 до 150 мг/м³.

Портативный монитор качества воздуха «Aeroqual Series 500» использовался в целях повышения точности определения содержания пыли в атмосфере и позволил в режиме реального времени точно определять распространенные загрязнители атмосферного воздуха.

Согласно (Методка определения нормативов эмиссий, 2012, 2021) расчет уровней загрязнения компонентов окружающей среды производится по каждому из загрязняющих веществ, содержащихся в концентрации превышающей ПДК. Понижающий коэффициент, который учитывает рассеивание эмиссий в атмосфере с учетом ветровой нагрузки равен:

$$K_a = 1/\sqrt{d_a}, \quad (2.1)$$

где d_a - суммарный показатель загрязнения атмосферного воздуха.

Для оценивания состояния воздуха на границе санитарной зоны рассчитывался комплексный индекс загрязнения атмосферы (КИЗА) по формуле:

$$I = \sum_{i=1}^n (C_i/ПДК)^{g_i}, \quad (2.2)$$

где g_i – безразмерная константа, позволяющая привести степень вредности i -го вещества к вредности диоксида серы равной:

- для веществ I класса опасности – 1,7;
- для веществ II класса опасности – 1,3;
- для веществ III класса опасности – 1;
- для веществ IV класса опасности – 0,9;

n – число загрязняющих веществ;

C_i – усреднённое значение концентрации i -го загрязняющего вещества в атмосферном воздухе, определяется как среднее арифметическое значение концентраций в течении периода (года), мг/м³;

$ПДК_i$ – предельно допустимая среднесуточная концентрация i -го загрязняющего вещества в атмосферном воздухе, мг/м³.

КИЗА определяется по следующим значениям уровня загрязнения атмосферы:

- от 0 до 4 – низкий;
- от 5 до 6 – повышенный;
- от 7 до 13 – высокий;
- больше 14 – очень высокий

Отбор проб воды проводится согласно стандарту (СТ РК ГОСТ Р 51592-2003) исследования качества воды. Место отбора проб на объектах промышленных предприятий устанавливается по программе производственного экологического контроля, в зависимости от вида производства и от водного объекта. Метод отбора проб выбирают в зависимости от типа воды, глубины пробоотбора, перечня определяемых показателей с таким расчетом, чтобы исключить или свести к минимуму возможные изменения определяемого показателя.

Оценка загрязненности природных поверхностных вод проводится методом комплексной оценки степени загрязненности по гидрохимическим показателям (РД 52.24.643-2002; Санитарные правила, 2012). Для первичной оценки загрязненности определяется коэффициент комплексности загрязненности воды:

$$K = \frac{N'}{N} * 100\%, \quad (2.3)$$

где N' – количество нормируемых элементов и показателей качества воды, значения которых превышают ПДК;

N – общее количество нормируемых элементов и показателей качества воды.

Чем больше значение K , тем большая комплексность загрязненности присуща воде, тем хуже ее качество и тем большее влияние на формирование качества воды оказывает техногенный фактор (табл.2.9).

Таблица 2.9 Комплексный индекс загрязненности воды (Национальный доклад, 2021)

Класс	Разряд	КИВЗ (К)	Название
1		< 1	условно чистая
2		1-2	слабо загрязнённая
3	А	2-3	загрязнённая
	Б	3-4	очень загрязнённая
4	А	4-6	грязная
	Б	6-8	грязная
	В	8-10	очень грязная
	Г	10-11	очень грязная
5		больше 11	экстремально грязная

Если $K < 10\%$ и превышение ПДК наблюдается только по единичным показателям, проводится дифференцированное их обследование и оценка.

По качеству поверхностные воды делят на классы: 1-й класс – условно чистая; 2-й класс – слабо загрязненная; 3-й класс – загрязненная; 4-й класс – грязная; 5-й класс – экстремально грязная.

Для экотоксикологической оценки почв целесообразно использовать кратность превышения ПДК конкретного загрязняющего вещества дифференцированно для веществ различного класса опасности. В связи с отсутствием для ряда загрязняющих веществ, утвержденных значений ПДК, используется отношение содержания загрязняющих веществ в жидкой фазе почвы (почвенном растворе) к соответствующей величине ПДК для природных вод. Для загрязняющих веществ не природного происхождения коэффициент концентрации определяют как частное от деления массовой доли загрязняющего вещества и его ПДК (Приказ и.о. Министра экологии, геологии и природных ресурсов РК, 2021).

Отбор проб почв проводится по ГОСТ 28168-89, ГОСТ 17.4.3.01 – 2017. Картографической основой для отбора проб является план землепользования хозяйства с нанесенными на него элементами внутрихозяйственного землеустройства и границами почвенных контуров. Масштаб картографической основы соответствует масштабу почвенных карт обследуемой территории. После осмотра обследуемой территории на картографическую основу наносят сетку элементарных участков установленного размера, которую можно охарактеризовать одной объединенной пробой почвы. Форма элементарного участка должна максимально приближаться к прямоугольной с отношением сторон 1:2. Каждый элементарный участок кодируется определенным номером. На картографической основе в пределах каждого выделенного участка прокладывают маршрутный ход. На незэродированных и слабоэродированных почвах маршрутный ход прокладывают посередине элементарного участка вдоль его длинной стороны. На средне- и сильноэродированных почвах, расположенных на склоне длиннее 200 м, маршрутные ходы прокладывают вдоль склона, на более коротких – поперек склона. Из точечных проб, отобранных с элементарного участка, составляют объединенную пробу.

Отбор проб почвы на хвостохранилищах проводился по румбам – север, восток, юг и запад. Пробы отбирались «методом конверта» (размер конверта 1 м на 1 м; каждая проба - 5 точек: 4 угла и центр конверта). Глубина отбора проб: 0-5 см, 10 - 15 см. Полученные пробы весом 0,2 кг передаются в лабораторию. Определение состояния почвенно-растительного покрова проводилось согласно стандартам (ГОСТ 17.4.4.02 – 2017; ГОСТ 17.4.2.01 – 81; ГОСТ 17.4.3.01 – 2017). Анализ проб на содержание элементов проводился атомно-эмиссионным методом. Обработка результатов анализов проб почв проводилась по общепринятой методике (Методические указания, 1997). Суммарный показатель загрязнения (СПЗ) компонента окружающей среды (Зс) определяется как сумма коэффициентов концентрации отдельных загрязняющих веществ по формуле:

$$Z_c = \sum K_k i - (n - 1), \quad (2.4)$$

где $K_k i$ - коэффициент концентрации i -го загрязняющего вещества;
 i - порядковый номер загрязняющего вещества;
 n - число загрязняющих веществ, определяемых в компоненте окружающей среды.

Коэффициент концентрации отдельного загрязняющего вещества определяется по формуле:

$$K_k i = C_i / ПДК_i, \quad (2.5)$$

где C_i - содержание i -го химического компонента в почве, мг/кг;

ПДК $_i$ - гигиенический норматив i -го химического компонента в почве, мг/кг.

При оценке степени загрязнения почв (РНД 03.3.0.4.01-96) по величине суммарного показателя загрязнения (СПЗ) применялись следующие параметры (табл.2.10).

Таблица 2.10 Критерии состояния почв (РНД 03.3.0.4.01-96)

Наименование Параметров	Экологическое состояние окружающей среды			
	Допустимое (относительно удовлетворительное)	Опасное	Критическое (чрезвычай- ное)	Катастрофическое (бедственное)
Суммарный показате- ль загрязнения Z_c	Менее 16	16-32	32-128	Более 128

СПЗ почв определяется по формулам:

$$d_n = 1 + \sum_{i=1}^n \alpha_i * (d_{in} - 1); \quad (2.6)$$

где α_i - коэффициент изоэффективности для i -го загрязняющего вещества равный:

- для первого класса опасности - 1,0;
- для второго класса опасности - 0,5;
- для третьего класса опасности - 0,3;
- для четвёртого класса опасности - 0,25.

d_{in} - уровень загрязнения i -ым загрязняющим веществом почв, рассчитанный по результатам опробования на границе санитарной зоны;

n - число загрязняющих веществ (определяется ассоциацией загрязняющих веществ, установленной для изучаемого накопителя отходов производства, месторождения).

Уровень загрязнения соответствующего компонента среды определяется по формуле:

$$d_{in} = \frac{C_{in}}{ПДК_{in}}, \quad (2.7)$$

где C_{in} – усреднённое значение концентрации i -го загрязняющего вещества соответственно в почве, мг/кг;

$ПДК_{in}$ – предельно допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества в почве, мг/кг.

Усреднённое значение концентрации загрязняющих веществ в соответствующем компоненте окружающей среды рассчитывается по формуле:

$$C_{in} = \frac{1}{k} * \sum_{j=1}^k C_{jin}, \quad (2.8)$$

где k – общее число точек отбора проб почвы для химического анализа;

C_{jin} – содержание i -го компонента в j -ой пробе, мг/кг.

Отбор проб растительности на хвостохранилищах проводится в начале и окончании вегетационного периода в мае и августе для определения степени поступления металлов в зеленую массу растений. Выбираются травянистые растения, типичные для данной местности, проводится срезка их зеленой надземной части. После отбора растения поступают на лабораторные испытания без предварительной подготовки (озоления). Содержание элементов определяется непосредственно в зеленой массе. Далее проводится усреднение содержания по 2-м точкам опробования и сравнение содержания элементов в начале и окончании вегетации, что позволяет оценить накопление элемента в вегетационном периоде. Также проводится расчет коэффициента биологического поглощения (КБП) элемента из почвы (усредненное значение по-весеннему и летнему опробованию). КБП позволяет косвенно судить о доступности его поглощения для растений и его поведении в системе «почва-растение», и показывает накопление элемента в растениях не из почвы, а с пылевыми выпадениями, который определяется по формуле:

$$КБП = \frac{C_{раст.}}{C_{почва}}, \quad (2.9)$$

где $C_{раст.}$ – валовое содержание химического элемента в золе растений;

$C_{почва}$ – валовое содержание химического элемента в почве.

Для расчетов принимается содержание элементов в более глубоких слоях почвы (10-15 см). Сравнение концентраций содержания элементов с предельно-допустимым уровнем содержания для кормов (ПДУ) не производится, так как данные растения не имеют кормовой ценности.

Анализ снежного покрова хвостохранилищ. Для более полной оценки пространственного распределения выбросов от хвостохранилищ с целью определения их влияния применяется отбор и анализ проб снежного покрова. Результаты химического анализа почвы необходимы для определения возможного косвенного воздействия загрязнителей на состояние воздуха. Анализ содержания загрязняющих веществ в пробе отбирается на всю глубину снега для получения достоверных сведений о состоянии загрязнения территории. Отбор проб производится ближе к периоду снеготаяния. В качестве

точек отбора были выбраны точки на границе СЗЗ (1000 м) и фоновые точки, находящиеся на 6...7 км от хвостохранилища (рис.2.7) (Саэт, Ревич, 1990).



Рисунок 2.7 - Точки отбора проб снега на хвостохранилищах (на снимках Google Earth Pro, дата обращения 2022 г.)

Отбор проб снежного покрова на исследуемых объектах проводился с учетом погодных условий ближе к периоду снеготаяния в местах его максимального скопления на открытых местах. Пробы снега отбирались на участках размеров 5м на 5м «методом конверта» на всю глубину, размер точки отбора составляет 1м на 1м. Перед отбором проб поверхность очищается от инородных тел и предметов. Из полученных проб собирается совокупная, которая помещается в полиэтиленовый пакет и маркируется. Доставленная проба до начала обработки хранится на холоде. К предварительной обработке проб предъявляются следующие основные требования: растапливанию и фильтрованию подлежит весь объем пробы; выполнение операции фильтрования следует проводить непосредственно в момент растапливания снега, осадок твердых частиц должен быть полностью перенесен на фильтр, который плотно прилегает к стенкам воронки.

Для растапливания снег переносится в стеклянную посуду, при этом из него пинцетом выбирают и отбрасывают веточки, листья, траву и другие растительные остатки. Выбирать их с поверхности фильтра нельзя. Крупные одиночные растительные включения извлекаются из талой воды, так как они не являются составной частью техногенного загрязнения. Извлечение из пробы растительных включений необходимо так как они, попадая на фильтр, увеличивают его массу, и, следовательно, снижают значение определяемых концентраций загрязняющих веществ. Растапливание снега производится при комнатной температуре. Талая вода сливается на мембранный фильтр «синяя лента». Фильтр взвешивается до начала работ, и масса его записывается в таблицу. В процессе фильтрования объем воды в воронке должен быть не более 3/4 высоты. Отфильтрованную талую воду (фильтрат), замерив ее объем с точностью до 10 см³ переливают в бутылки; при этом фиксируют общий объем талой воды, полученной из пробы снега. По окончании фильтрования талой воды, когда измерен ее общий объем, тщательно переносят из стаканов осадок твердых частиц на фильтр. Затем посуду ополаскивают небольшой порцией фильтрата (из бутылок) объемом 10-15 см³, слегка взбалтывают у дна, не размазывая осадок по стенкам и переводят раствор на фильтр. Эту операцию повторяют несколько раз. Полноту смыва осадка контролируют

просмотром на свет. Для передачи в химическую лабораторию пробу переливают в стеклянные бутылки. По окончании фильтрования фильтр с осадком оставляется в воронке для просушки. При этом воронка прикрывается куском полиэтиленовой пленки. Просушенный фильтр извлекается пинцетом из воронки, складывается и вкладывается в пакет с этикеткой, на которой указана предварительная масса фильтра. Полученный пакет, не складывая помещается в бумажную упаковку (конверт) и направляется в лабораторию.

«Синяя лента» (мембранный фильтр) с частичками пыли помещается в сушильный шкаф на 2 – 4 часа при температуре 50 – 70°C и охлаждается в том же шкафу до температуры 30°C. Нагревание и охлаждение фильтров повторяется дважды. Затем взвешивается на аналитических весах с точностью до 0,0001 г. Масса пыли, осевшей на участки отбора проб, определяются по формуле:

$$P = P_a \times S \times T, \quad (2.10)$$

где P_a – масса пыли в пробе;

S – расчетная площадь отбора проб,

T – суточный период между временем отбора проб и моментом наступления постоянного покрытия территории снегом.

После получения комплексных результатов химического загрязнения компонентов проводится оценка состояния геосистем в процессе деятельности горной промышленности. Процесс воздействия на геосистемы анализируется в следующих этапах:

- 1) существующее положение до воздействия;
- 2) воздействие на окружающую среду;
- 3) изменение окружающей среды;
- 4) последствия изменений.

Согласно (Единые правила..., 2018) требуется геологическое обеспечение горных работ, в частности проведение доразведки и промышленной разведки месторождения для уточнения запасов полезного ископаемого. Практикой подтверждается, что в процессе эксплуатации месторождения происходит либо увеличение запасов, либо перевод части запасов в забалансовые объемы и списание их с недропользователя. Учитывая данный факт, рациональным будет являться подход, при котором оценка воздействия производится на весь период работ предприятия по каждому из видов производственных операций вне рамок отдельно взятого периода. Таким образом, обеспечивается комплексная оценка работы всего объекта с учетом наибольшего совокупного воздействия каждого производственного процесса.

На начальном этапе исследования выделяются объекты возможного загрязнения:

1. почвы (грунты) на территории СЗЗ;
2. атмосферный воздух в зоне активного загрязнения и на границе СЗЗ;
3. грунтовые воды в зоне влияния месторождений и поверхностные воды при наличии водоемов вблизи рассматриваемых месторождений.

Наиболее приемлемым для оценки представляется использование трех основных показателей (Скольский, 2010): пространственного, временного масштабов воздействия и интенсивности воздействия. На основании определения степени, пространственного и временного масштаба воздействия можно судить и о совокупном воздействии промышленной деятельности на природную среду (табл. 2.11).

Таблица 2.11 Категории значимости воздействий (Скольский, 2010)

Категории воздействия, балл			Интегральная оценка, балл	Категории значимости воздействия	
Пространственный масштаб	Временной масштаб	Интенсивность воздействия		Баллы	Значимость воздействия
1б- локальное	1б- кратковременное	1б - незначительное	1	1-8	низкая
2б - ограниченное	2б-средней продолжительности	2б - слабое	8		
3б -местное	3б- продолжительное	3б - умеренное	27	9-27	средняя
4б-региональное	4б-многолетнее	4б - сильное	64	28-64	высокая

Примечание: «б» - баллы.

Влияние на окружающую среду, можно назвать низким по значимости, при достаточно невысоком воздействии (при условии смягчения или без смягчения) в пределах установленных норм или рецепторы обладают достаточно высоким порогом выносливости. Средняя значимость воздействия имеет большую вариативность от низкого до высокого показателя чувствительности. Высокая значимость воздействия наступает при превышении допустимых значений или при высокой нагрузке с охватом большого пространства с находящимися на нем ресурсов (биологических, минеральных). Для определения степени загрязнения компонентов геосистем использована балльная оценка пространственного, временного масштаба и интенсивности изменения природной среды (Скольский, 2010) и определена категория (степень) значимости воздействия (КЗВ). Оценка в пределах 1 – 8 баллов соответствует низкой категории значимости, 9 - 27 - средней категории значимости, 28 - 64 - высокой категории значимости техногенного воздействия.

На основе анализа содержания загрязняющих веществ в почве (валовое содержание и подвижные формы) была дана оценка экологического состояния земель (РНД 03.3.0.4.01-96) по суммарному показателю загрязнения (СПЗ) и по превышению ПДК (ППДК) загрязняющих веществ I и II классов опасности: суммарный показатель загрязнения почв менее 16 соответствует допустимому экологическому состоянию; интервал 16 – 32 – опасному; 32 – 128 – критическому, более 128 – катастрофическому экологическому состоянию почв. Для экотоксикологической оценки почв проводится сравнение содержания загрязняющего вещества с ПДК (Приказ и.о. Министра экологии, геологии и природных ресурсов РК, 2021). Экологическое состояние соответ-

ствуется допустимому при ППДК до 1 веществ I и II классов опасности; опасному – в пределах 1 – 2 и 1 – 5 веществ I и II класса соответственно; критическому – 2 – 3 и 5 – 10 веществ I и II класса соответственно; катастрофическому – более 3 для веществ I класса и свыше 10 – для II класса опасности. Общую загрязненность почвы характеризует валовое содержание в ней тяжелых металлов. Однако, доступность элементов для растений определяется их подвижными формами. Таким образом, 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.

Золоторудное месторождение находится в Актогайском районе – это практически на юго-востоке области, железорудные месторождения находятся в Шетском и Каркаралинском районах центральной и восточной частях области, угольное месторождение находится в Нуринском районе, что ближе к северо-западу области (рис. 2.6). Территории рассматриваемых месторождений настолько разные по геоэкологическим характеристикам, что для комплексной оценки воздействия горнодобывающей промышленности в целом по Карагандинской области, нельзя не рассмотреть добычную деятельность на разных территориях области. Актогайский район находится на юго-востоке Казахского мелкосопочника, в зоне пустынь и полупустынь, при этом Шетский район расположен в центральной части области в степной зоне; Каркаралинский район, находится в лесной зоне восточной части области; Нуринский район – в степной зоне северо-запада области. Отвалы обогащения медной руды расположены в полупустынном сухом районе Жезказганского региона. Местоположение этих объектов играет большое значение для оценки геоэкологических последствий их деятельности.

Таким образом, наличие исторически сложившихся аномальных зон природного геохимического поля, особенно в рудных узлах, включающих рудники и карьеры, наряду с техногенным воздействием оказывают непосредственное влияние на компоненты геосистем, особенно на почвы. 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, 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, более выраженное нарушение земной поверхности, воздействие на почвы, подземные и поверхностные воды.

3 ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ

3.1 Воздействие добычи полезных ископаемых на геосистемы месторождений

Золоторудное месторождение Актогайского района разрабатывается открытым способом. Климат данного района резко континентальный и засушливый. Для лета характерны малооблачная жаркая погода, большая сухость воздуха и длительные периоды без дождей. Рельеф представляет собой преимущественно слабоволнистую равнину. Гидрографическая сеть района слабо развита и представлена только кратковременными водотоками в весенний период. Озеро Балхаш, один из крупнейших бессточных водоёмов Казахстана, расположен на расстоянии 18,5 км к югу от месторождения (рис. 3.1).

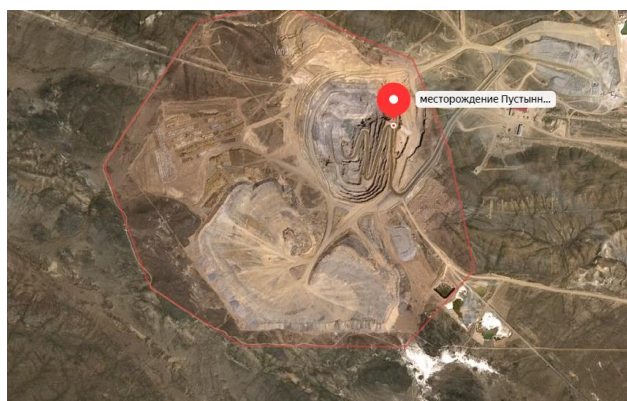


Рисунок 3.1 – Золоторудное месторождение (Google Earth Pro, дата обращения 2022)

Работы на месторождениях Актогайского района велись длительное время, затем приостановились. После длительной консервации, они были возобновлены. Площадь месторождения порядка 15 га, глубина карьера - 280 м. Участками, оказывающими наибольшее влияние на состояние ландшафта, являются добычной карьер, хвостохранилище, отвалы вскрышной породы.

Замеры загрязнения атмосферного воздуха проводились на границе СЗЗ. 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. Максимальные 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.3.2, 3.3).

Таблица 3.1 Содержание загрязняющих веществ в почвах на границе СЗЗ (составлена автором)

№ п.п.	Наименование вещества		Класс опасности	ПДК, мг/кг	Усредненное содержание элементов в почвах на границе санитарно-защитной зоны по годам, мг/кг								Кк дол. ПДК
					2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Ср.	
1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Свинец*	Pb	1	32	45,05	35,6	26,336	22,88	30,63	29,59	29,61	31,38	1
3	Бериллий	Be	1	-	1,47	1,18	1,149	1,37	2,00	1,73	1,72	1,52	-
5	Цинк*	Zn	1	23	65,05	68,57	63,73	73,46	83,75	80,40	80,42	73,63	3,5
6	Ртуть	Hg	1	2,1	0,01	0,01	0,003	-	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
7	Хром	Cr	2	-	192,87	161,41	-	-	-	-	-	177,14	-
8	Никель	Ni	2	35	156,57	272,74	150,856	-	-	-	-	193,39	5,53
9	Молибден	Mo	2	-	2,01	1,73	1,5	1,73	2,31	2,21	2,24	1,96	-
10	Медь*	Cu	2	23	62,17	120,13	29,737	35,170	48,75	45,24	45,01	55,17	3
11	Кобальт	Co	2	-	20,49	21,45	16,788	-	-	-	-	19,58	-
12	Бор	B	2	-	8,1	5	149,03	151,2400	<300	83,25	84,63	80,21	-
13	Сурьма*	Sb	2	4,5	<5	<5	7,735	<5	<15	<5	<5	6,82	1,52
14	Марганец*	Mn	3	1500	680,05	1122,8	767,4	752,95	787,50	792,44	792,88	813,72	1,6
16	Титан	Ti	3	-	2912,74	2924,6	3116,667	3863,95	3312,50	2891,25	2893,63	3130,76	-
17	Барий	Ba	3	-	666,69	1021,93	1022,2	779,93	487,50	518,63	520,00	716,70	-
18	Ванадий	V	3	150	87,23	78,58	79,68	98,15	97,50	86,38	87,63	87,88	0,59
19	Стронций	Sr	3	-	253,99	182,87	228,263	290,63	168,75	156,88	157,63	205,57	-
20	Фосфор	P	4	-	532,93	503,78	507,65	635,76	650,00	626,50	625,75	583,20	-
22	Серебро	Ag	4	-	0,1	0,1	-	-	-	-	-	0,10	-
23	Сера*	S	4	160	-	2096,75	927,633	455,44	1418,75	324	323,375	924,32	7,8

* вещества, входящие в ассоциацию загрязняющих веществ для объектов (РНД 03.3.0.4.01-96)

Результаты анализа, отобранных проб на санитарной границе по 8 румбам представлены на рисунке 3.2. Анализировались следующие ассоциации загрязняющих веществ (РНД 03.1.0.3.01-96; РНД 03.3.0.4.01-96): Hg, Pb, Be, Cd, Zn, As; Cu, Mo, Co, Sb; Mn, Ti, Ba, V, Sr; P, S.

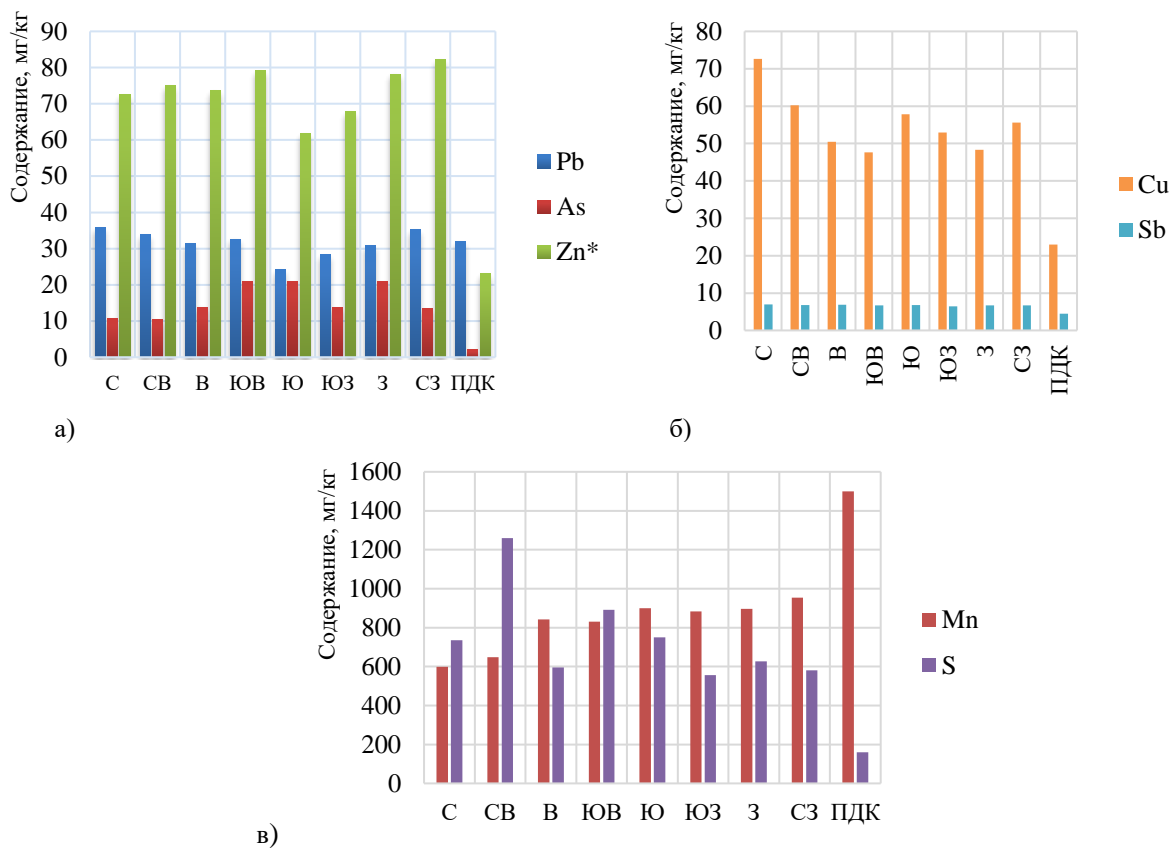


а)

б)

Рисунок 3.2 - Усредненное содержание загрязняющих веществ в почве на границе СЗЗ за период 2012 – 2018 гг. по 8 румбам: а) Pb, As, Zn, Cu, Sb; б) Mn, S

Результаты анализа проб почв (мг/кг) по 8 румбам представлены на рисунке 3.3.



Примечание: * - сравнение проводилось с ПДК подвижной формы цинка в почве

Рисунок 3.3 - Содержание загрязняющих веществ в почве на границе СЗЗ по 8-ми румбам, мг/кг по классам опасности: а) – свинец, мышьяк, цинк (I класс); б) - медь, сурьма (II класс); в) – марганец (III класс), сера

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.3.3). 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.3.4).

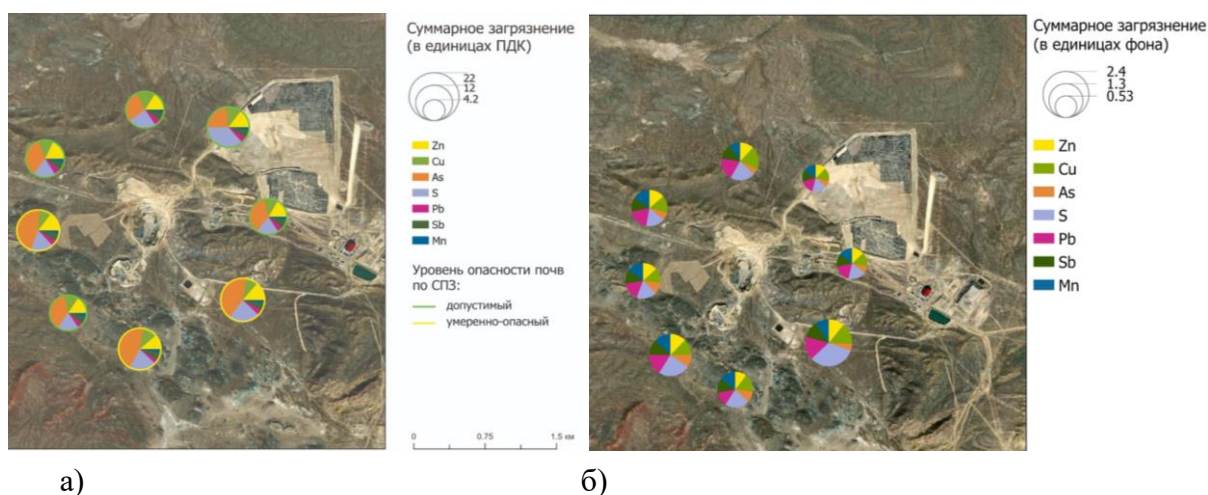


Рисунок 3.4 – Распределение загрязняющих веществ в почве золоторудного месторождения Актогайского района: а) СПЗ почв по румбам, рассчитанный с учетом ПДК; б) СПЗ почв по румбам с учетом фоновых концентраций

По превышению ПДК веществ 1 и 2 классов опасности (As, Zn, Pb, Cu, Sb) экологическое состояние почв месторождения переходит в критическое (рис.3.5). 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).

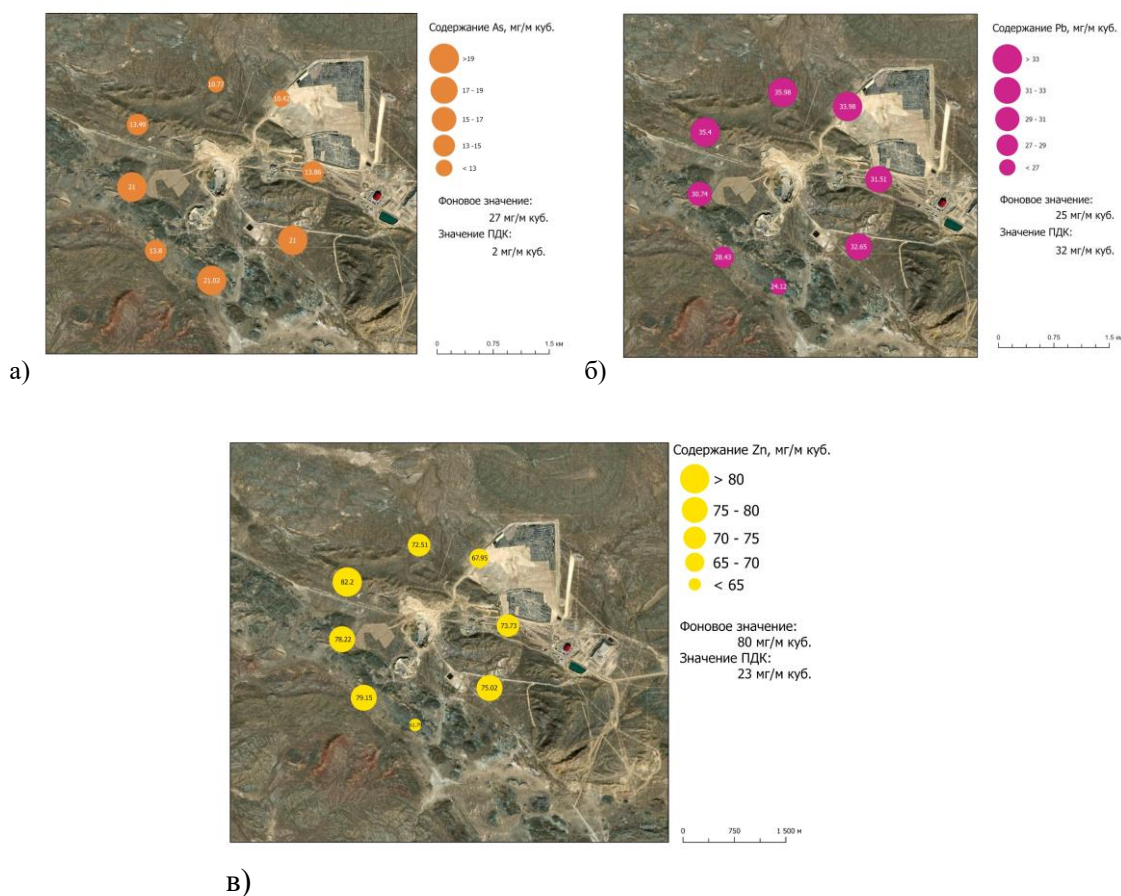


Рисунок 3.5 – Распределение загрязняющих веществ 1 класса опасности в почве золоторудного месторождения Актогайского района: а) мышьяк; б) свинец; в) цинк

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.

Важно отметить, что повышенное содержание некоторых химических элементов в почве не всегда является показателями загрязнения, т.к. элементы могут сопутствовать полезному ископаемому. Для почв, формирующихся над месторождениями полиметаллов, характерны аномальные концентрации мышьяка (Серых и др., 2009). Мышьяк является одним из важнейших типоморфных элементов - индикаторов Au-Ag оруденения (Тарасова, 2014). Однако, не исключается, что загрязняющие вещества, попадающие в атмосферный воздух при ведении работ от организованных и неорганизованных источников в процессе рассеивания, оседают на почву как вблизи самого производства, так и на территории СЗЗ. Потенциально воздействию подвергаются представители растительного и животного мира. На исследуемой территории наблюдаются участки без растительности (территория карьера, отвалов, хвостохранилище); подверженные значительной дорожной дигрессии (территория предприятия); практически не изменившие видовой состав и структуру сообществ (СЗЗ); на которых начинается смена растительных сообществ включаются сорные, а также культивируемые виды растений, которые ранее отсутствовали на данной территории (участки возле дамб хвостохранилища и территория жилой зоны предприятия). В результате деятельности рассматриваемого промышленного объекта возникли антропогенные модификации ландшафтов.

Железорудные месторождения Шетского и Каркаралинского районов. Площадь железорудного месторождения Шетского района (рис. 3.6) составляет 164,0 га с проектной производительностью рудника до 3,0 млн. т/год.



Рисунок 3.6 – Железорудное месторождение (Google Earth Pro, дата обращения 2022)

Климат района расположения месторождения засушливый. Средняя годовая сумма осадков составляет 178,8 мм/год. На долю осенне-зимнего периода приходится в среднем 25-33% или 45-60 мм от общего годового их количества. Все остальные осадки выпадают в весенне-летнее время. Гидрогра-

фическая сеть района представлена реками Чажогай, Сарыбулак, Мойынты, Шумек, принадлежащими водосборному бассейну оз. Балхаш. Реки в течение года не имеют постоянного водотока и в летний период разделяются на ряд плесов с сильно минерализованной водой.

Рельеф района типично мелкосопочный с общей тенденцией понижения в восточном и юго-восточном направлениях. Относительные превышения низкогорного рельефа изменяются от 200 до 350 м. Низкогорье опоясано мелкосопочником и обширными равнинами, слабо наклоненными к югу и юго-востоку. Обнажение палеозойских пород составляет около 60%, остальная часть площади закрыта чехлом рыхлых отложений мощностью от 10-20 до 100 м. В ландшафте характерно совмещение засоленцеванных депрессий с глинисто-суглинистыми, щебнисто-песчанистыми грунтами предгорий и пологих склонов со скудной травянисто-кустарниковой растительностью, зарослями чия у родников и местах неглубокого залегания грунтовых вод. Склоны возвышенностей имеют скальные или щебнисто-скальные группы беспочвенного слоя. Почвенный слой щебнисто-песчано-сероземного типа развит крайне слабо (2-5 см) из-за скудности растительности и эолового выноса алевритовых частиц. Неплотный ковыльный и травянисто-злаковый покров участков степного ландшафта растет медленно из-за сухости климата и выдувания почвенных частиц. Древесная растительность развита пунктирно по пойме реки Мойынты, отдельными группами деревьев у родников и по сухим руслам (тальники, пустынный тополь, джида). В сухих долинах низкорослый кустарник пустынной акации, баялыч. Из-за скудности природного ландшафта животный мир беден. По этой же причине в районе отсутствует земледелие и весьма слабо развито животноводство.

В пределах рассматриваемой площади наиболее широким распространением пользуются месторождения и проявления цветных металлов, среди которых доминирует свинец. Однако, в пределах этих рудных объектов свинец, медь, цинк и серебро настолько тесно связаны между собой, что в большинстве случаев в каждой точке минерализации и каждом проявлении они встречаются совместно.

Выбросы в атмосферу на месторождении, в основном, происходят в результате ведения добычных работ и в процессе обогащения. Для этих процессов характерна пыль неорганическая; для производственных котельных: выбросы оксида азота, оксид углерода и оксиды серы. Концентрации загрязняющих веществ на границе СЗЗ не превышают установленные допустимые.

Концентрации загрязняющих веществ в карьерных водах (9 проб), находятся в следующих пределах: БПК₅ – 0,5 ПДК, нефтепродукты – 0,5 ПДК, сухой остаток – 0,6 ПДК, хлориды – 0,1 ПДК, сульфаты – 0,4 ПДК, нитриты – 0,02 ПДК, нитраты – 1,9 ПДК, железо общее – 0,3 ПДК. Превышение наблюдалось по взвешенным веществам, но вода отстаивается в зумпфе. Превышение по нитратам 1,9 ПДК обусловлено ведением взрывных работ на карьере.

На железорудном месторождении Каркаралинского района (рис. 3.7) ведется добыча железных руд. Климат района резко континентальный, по агро-

климатическим условиям - умеренно засушливый. Среднегодовое количество атмосферных осадков за счет относительно высокого гипсометрического положения района составляет 350-400 мм и распределяется по временам года весьма неравномерно. В формировании поверхностного и подземного стоков наибольшее значение имеют осадки зимне-весеннего периода (ноябрь-апрель) со среднемноголетним количеством осадков порядка 98 мм. Длительность залегания снега составляет 148 суток. Снег устойчиво ложится, обычно, во второй половине ноября, а массовое снеготаяние наблюдается в третьей декаде марта. Число дней с осадками в виде дождя - 56. Относительная влажность воздуха изменяется от 57 до 73%. Суммарное годовое испарение с поверхности почвы составляет 300-350 мм. Испарение с водной поверхности за период с апреля по ноябрь составляет в среднем 726 мм.

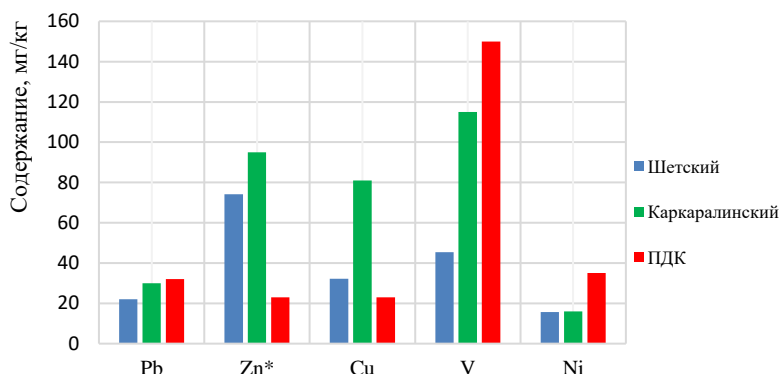


Рисунок 3.7 – Железородное месторождение Каракаралинского района (Google Earth Pro, дата обращения 2022)

Месторождение в субширотном направлении имеет протяженность 2,3 км. На расстоянии 25-30 км в западном направлении находится г. Каркаралинск, на расстоянии 8-10 км – пос. Карагайлы. Общая площадь месторождения на которой ведутся работы составляет 437 га. Структурные подразделения промплощадки: карьер по добыче железных руд (горный участок); два отвала вскрышных пород; отвал размещения хвостов сухой магнитной сепарации; склады сырой руды и негабаритов; дробильно-обоганительный комплекс, являющиеся основными источниками загрязнения атмосферы.

Основные выбросы в атмосферу происходят в результате ведения добычных работ и обогащения: пыль неорганическая, оксид углерода, оксиды азота, оксиды 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, хлориды – 0,1ПДК и 0,33ПДК, сульфаты – 0,4ПДК и 0,01ПДК, 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 в основном не достигают установленных

ПДК за исключением Cu-1,4ПДК и 3ПДК; Zn-3ПДК и 4ПДК на месторождениях Шетского и Каркаралинского районов соответственно (рис.3.8).



Примечание: * - сравнение проводилось с ПДК подвижной формы цинка в почве

Рисунок 3.8 – Содержание загрязняющих веществ в почве на границе СЗЗ месторождений

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.3.9).



а) месторождение Шетского района

б) месторождение Каркаралинского района

Рисунок 3.9 - 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

На месторождении Каркаралинского района СПЗ несколько выше, чем Шетского. Состояние окружающей среды месторождений по СПЗ с учетом фоновых концентраций соответствует допустимому (рис.3.10), при этом на месторождении Шетского района ниже единицы.

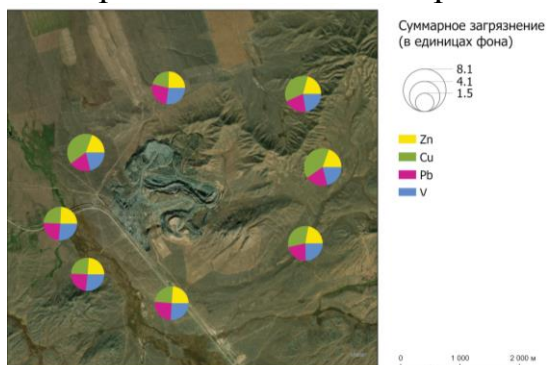


Рисунок 3.10 - Распределение загрязняющих веществ в почве СЗЗ железорудных месторождения Каркаралинского района с учетом фона

Однако, по превышению ПДК Zn (1 класс опасности) и Cu (2 класс опасности) экологическое состояние погранично между опасным и критическим на территории обоих месторождений (рис.3.11, 3.12). Это может быть связано, с природными зонами превышения содержания цинка, совпадающей с аналогичными зонами меди по картам эколого-геохимических аномалий Центрального Казахстана (Серых и др., 2009).

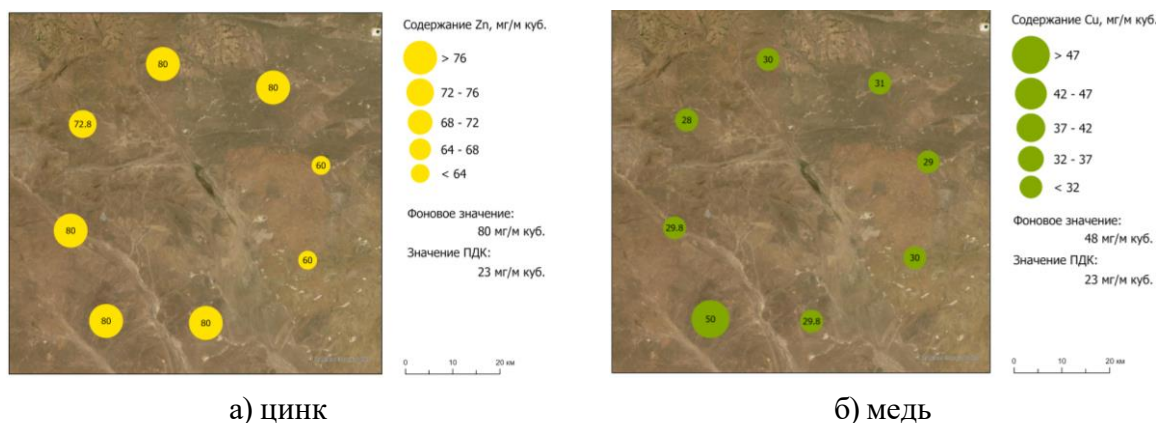


Рисунок 3.11 - Распределение основных загрязняющих веществ в почве С33 железорудного месторождения Шетского района

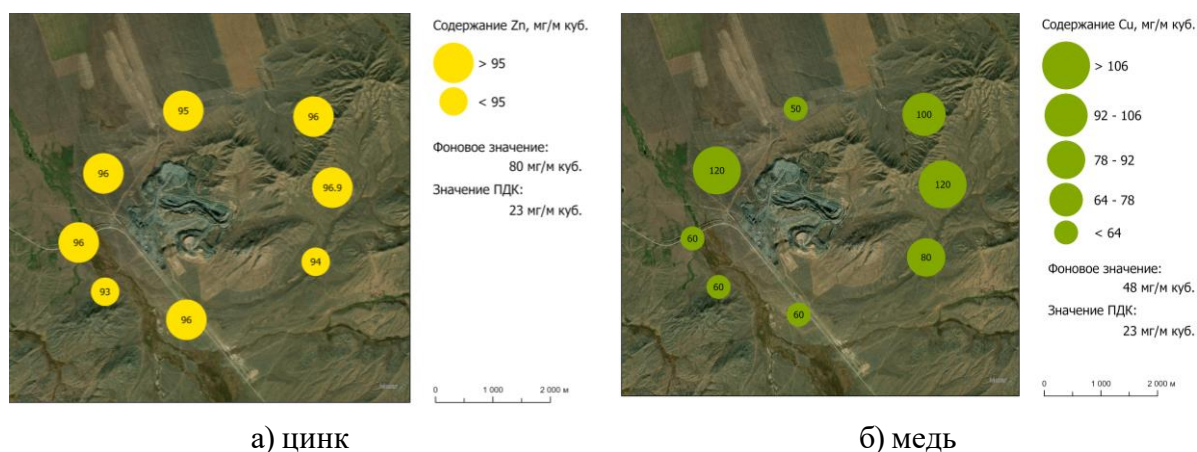


Рисунок 3.12 - Распределение основных загрязняющих веществ в почве С33 железорудного месторождения Каркаралинского района

В Шетском районе по карте эколого-геохимических аномалий отмечается небольшая зона избытка цинка. Кларк цинка в почвах – 50 г/т, а его фоновое содержание – 80 г/т. Большинство избытка цинка совпадает с аналогичными зонами меди, что связано с близостью геохимических свойств этих элементов (Серых и др., 2009). Однако, фактическое содержание этих элементов превышают значения кларка: в 1,4 раза по цинку, в 1,6 раз по меди. 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 способствует сохранению диапазона допустимого экологического состояния на месторождениях в данных районах.

Шубаркольское угольное месторождение Нуринаского района самое длительно и непрерывно эксплуатируемое месторождение из рассматриваемых в работе объектов (рис.3.13).



Рисунок 3.13 – Шубаркольский угольный разрез (Google Earth Pro, дата обращения 2022)

Угольный разрез Шубаркольский основан на базе месторождения каменного угля «Шубарколь». Наиболее близкими населёнными пунктами являются: пос. Шубарколь, расположенный в 19 км от разреза, пос. Баршино – 120 км, пос. Жайрем и г. Жезказган 150 км. В 110 км южнее месторождения проходит железнодорожная магистраль Караганда – Жезказган. Ближайшая железнодорожная станция Кызыл-Жар.

Рельеф описываемого района – типичный мелкосопочник со средними абсолютными отметками 450-500 м и относительными превышениями до 50-100 м. Рельеф характеризуется вытянутыми в широтном направлении грядами с пологими сглаженными формами, редко встречаются отдельно стоящие возвышенности. Средний годовой объем осадков, выпадающих на анализируемой территории - 228 мм. Осадки не равномерны по сезонам: большее количество выпадает в мае, меньшее - в сентябре. В период 86...150 дней не происходит таяние снега. Снег устойчиво ложится обычно в конце ноября, а снеготаяние приходится на третью декаду марта. Характерна низкая влажность воздуха в диапазоне 40...50%. Пыльные бури возникают в сухую погоду (май, июнь). Весенний и осенний периоды характеризуются высокой влажностью воздуха. Наиболее влажный период приходится на зимний период и составляет 80%. Режим ветра носит материковый характер. Преобладающим направлением ветра является северо-восточное с повторяемостью 32% в течение года. Среднегодовая скорость ветра, составляет 4,8 м/с, максимальная – 24-34 м/с.

Гидрогеологические условия района весьма сложны и обусловлены воздействием различных природных и искусственных (карьерный водоотлив) факторов. Формирование подземных вод происходит за счёт инфильтрации

зимне-весенних атмосферных осадков и поверхностных вод в период весеннего половодья, а также регионального подземного стока с северо-запада и востока. Подземные воды в основном пресные с минерализацией 0,3 – 1 г/л гидрокарбонатные кальциевые, сульфатные натриевые или смешанные, реже слабосолончаковатые (до 2 – 3 г/л) сульфатно-хлоридные кальциевые или натриевые.

Описываемый район принадлежит к степной зоне. Зональные почвы – каштановые, светлокаштановые. Преобладают светлокаштановые почвы со степными солонцами. По механическому составу почвы тяжелосуглинистые и среднесуглинистые на хрящевато-щебенчатом элювии и с выходами горных пород. На зональных почвах преобладают полынно-дерновинно-злаковые растительные сообщества. В степных растительных сообществах часто встречаются таволжники и караганники. На засоленных землях преобладают чернополынные сообщества с включениями солянок и биюргуна. Весной развиваются эфемерно-злаковые ассоциации растений, которые включают в себя такие эфемеры и эфемероиды как лютик многокоренный, тюльпан поникающий, прострел раскрытый, мортук восточный, мятлик луковичный, златоцвет волжский и другие. На нарушенных почвах развиваются сорные растительные сообщества, которые включают в себя крапиву, марь обыкновенную, полынь обыкновенную, прутняк и др.

Шубаркольский угольный разрез эксплуатируется свыше 30 лет, в связи с этим современная картина ландшафта осложнена угольным разрезом, породными отвалами, подъездными дорогами (рис.3.14).



а) Западный участок



б) Центральный участок

Рисунок 3.14 – Шубаркольский угольный разрез (фото автора)

Основное воздействие на окружающую среду от деятельности угольного разреза приходится на земельные ресурсы. Однако, при этом имеет место и воздействие на атмосферный воздух. Замеры загрязняющих веществ в воздухе проводились от зоны активного загрязнения возле источников, постепенно удаляясь к границам СЗЗ: на промышленной площадке замеры проводились в 24 точках, на границе СЗЗ - в 10 точках, в 3 точках за пределами СЗЗ. Наибольший вклад в загрязнение воздуха вносят пыль и оксид углерода. Мониторинг за состоянием воздуха на границе СЗЗ проводился при разных климатических условиях (РД – 52.04.186-89):

- при скорости ветра 4,3 м/с и более;
- не ранее чем через три дня после выпадения дождя;

- в полдень или последующую часть дня;
- в период с постоянным направлением ветра;
- процесс разового взятия пробы состоял из 5 измерений в каждой точке и выведения среднего значения.

В таблице 3.2 приведены значения и показатели уровня загрязнения атмосферного воздуха различными веществами на участке угольного разреза.

Таблица 3.2 Данные уровня загрязнения атмосферного воздуха различными веществами

Показатели состояния компонентов окружающей среды	Наименование загрязняющего вещества									
	Пыль неорганическая	Оксид Углерода	Оксиды азота	Углеводороды	Оксиды Серы	Метан	Сероводород	Аммиак	Формальдегид	Фенол
Класс Опасности	3	4	2	4	3	-	2	4	2	2
ПДК _{с.с.} мг/м ³	0,1	3	0,04	1	0,05	50	0,008	0,04	0,01	0,003
c _{ia} мг/м ³	0,033	2,125	0,007	0,143	0,013	1×10 ⁻⁷	0,0005	0,00033	0,001	0,002
d _{ia}	0,330	0,708	0,175	0,143	0,260	0,14 ⁹	0,063	0,008	0,100	0,667

Исследование загрязнения почвы проводилось на отвалах вскрышной породы (отвал Западный, Восточный) – 2 пробы на атомно-эмиссионный анализ (АЭА) и на водную вытяжку (ВВ). Также исследовались сланцы (отвал Западный, Восточный) – 2 пробы на атомно-эмиссионный анализ (АЭА) и на водную вытяжку (ВВ); уголь (продукция) – 1 проба на АЭА и ВВ; на границе СЗЗ участка – 3 пробы почвы на АЭА и ВВ. В качестве фоновых проб берутся пробы за границами СЗЗ на АЭА и на ВВ.

В связи с тем, что пустая порода в длительное время складывается в отвалы целесообразно учитывать уровень загрязнения окружающей среды для расчета понижающих коэффициентов с целью оценки степени миграции загрязняющих веществ от отходов на прилегающие территории. Расчет загрязнения производился по двум средам: атмосферный воздух, почва (Методика определения нормативов эмиссий, 2012). Понижающий коэффициент, учитывающий степень эолового рассеивания загрязняющих веществ в виде пыли для участка добычи равен 1. Средний комплексный индекс загрязнения атмосферы на участке «Центральный» не превышает 4. Уровень загрязнения атмосферы относится к низкому, но находится на пороговом значении.

Коэффициент комплексности загрязненности воды используется непосредственно при интерпретации результатов расчета для характеристики воды (табл. 3.3). Карьерная вода в поверхностном водопроявлении за внешним отвалом условно чистая (табл. 3.4).

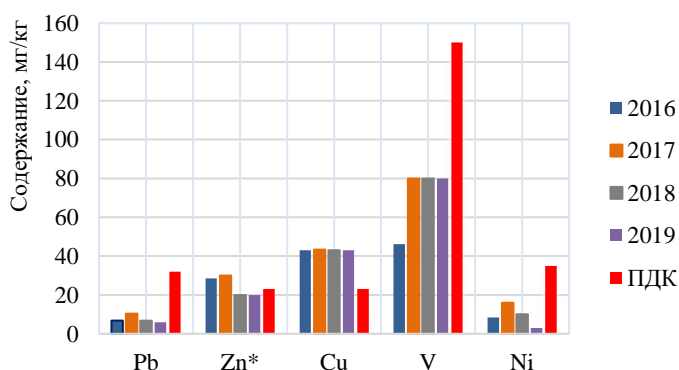
Таблица 3.3 Анализ состояния поверхностного водопроявления на участке (понижение рельефа местности, расположенное за внешним отвалом) (составлена автором)

Норматив, мг/дм ³ (ПДК)	Показатели	
	Концентрация, С	С/ПДК
Взвешенные вещества (0,75)	20,8	27,733
БПК _{пол.} (6)	4,83	0,805
Сухой остаток (1000)	226	0,226
Сульфаты (500)	19,2	0,038
Хлориды (350)	42	0,12
Азот аммонийный (2)	0,15	0,075
Нитраты (45)	2,39	0,053
Нитриты (3.3)	0,051	0,015
Нефтепродукты (0,1)	0,01	0,1
АПАВ (0,5)	0,01	0,02

Таблица 3.4 Состояние воды в понижении рельефа местности за внешним отвалом (составлена автором)

Общее число нормируемых элементов	Число элементов, значение которых превышает ПДК	Коэффициент комплексности загрязненности %	Характеристика воды
11	1	9,09	Условно чистая

Анализ проб почвы (8 проб) проводился на содержание основных элементов: марганца, свинца, никеля, меди, цинка, ванадия. Отмечается превышение концентраций 1,3 ПДК цинка, 1,8 ПДК меди (рис. 3.15).



Примечание: * - сравнение проводилось с ПДК подвижной формы элемента в почве

Рисунок 3.15 - Содержание загрязняющих веществ в почве на границе СЗЗ месторождения

СПЗ почв санитарно-защитной зоны участка ведения горных работ по результатам исследований на содержание химических элементов входит в предел до 16, что соответствует допустимому (относительно удовлетворительному) экологическому состоянию (рис.3.16).

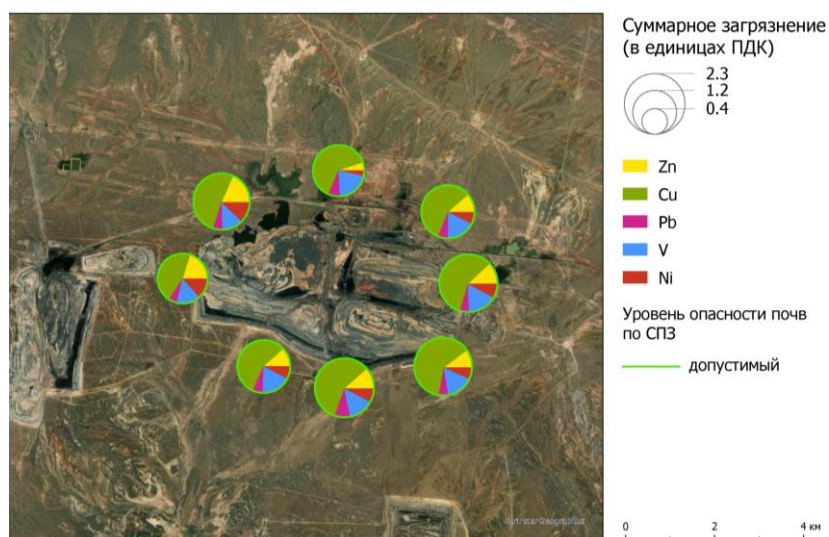


Рисунок 3.16 Распределение загрязняющих веществ в почве СЗЗ Шубаркольского месторождения (с учетом ПДК)

При этом, по превышению цинка 1,3ПДК и меди 1,8ПДК экологическое состояние от допустимого приближается к опасному (рис.3.17). Угольный разрез не оказывает высокого химического воздействия на окружающую среду, т.к. в основном это локальное загрязнение почв (рис.3.16, 3.17, 3.18), но при этом влечет сильное техногенное нарушение естественных ландшафтов, практически полностью их изменяя.

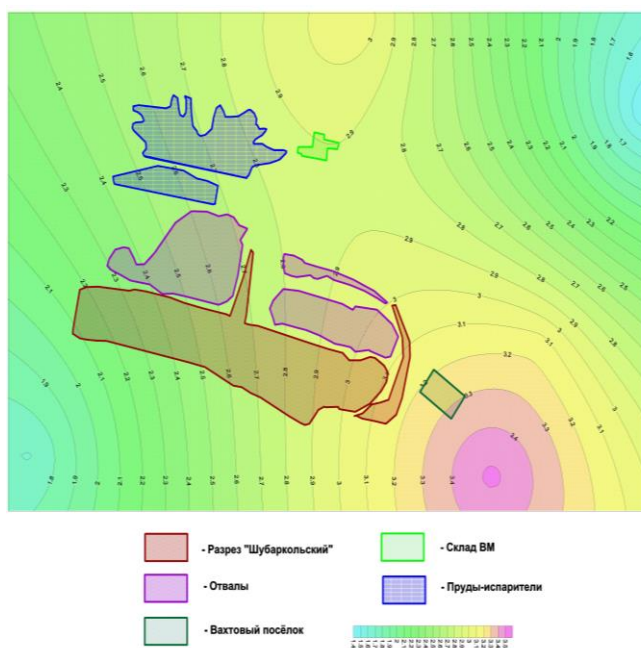


Рисунок 3.17 – Распределение загрязнения почв на угольном разрезе (составлено автором)

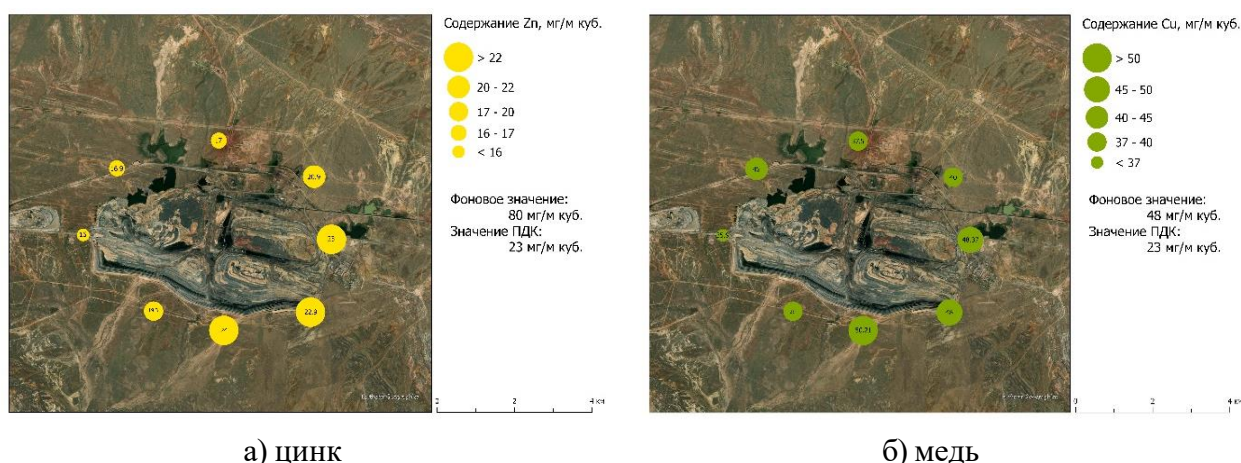


Рисунок 3.18 - Распределение основных загрязняющих веществ в почве СЗЗ Шубаркольского месторождения

Проанализировав экологическую ситуацию по химическим загрязнениям компонентов окружающей среды на исследуемых месторождениях, можно отметить, что воздействие от отработки угольного месторождения наиболее низкое по загрязнению воздуха, воды, почвы. При этом масштабы механического воздействия, выражающиеся в изменении рельефа местности, долговременности ведения работ на угольном месторождении выше, чем на железорудных и золоторудном. 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.

Воздействие накопителей отходов обогащения медной руды на окружающую среду. С целью оценки воздействия накопителей отходов обогащения полезных ископаемых на природные системы исследовано состояние атмосферного воздуха, воды, почвы, снега, растительности на территории двух хвостохранилищ Жезказганского региона (рис.3.19). Медные руды Жезказганского месторождения относятся к типу медистых песчаников. Руды открытой добычи подразделяются на сульфидные с содержанием окислов до 10%, смешанные с содержанием окислов до 20% и окисленные с содержанием окислов более 20%.

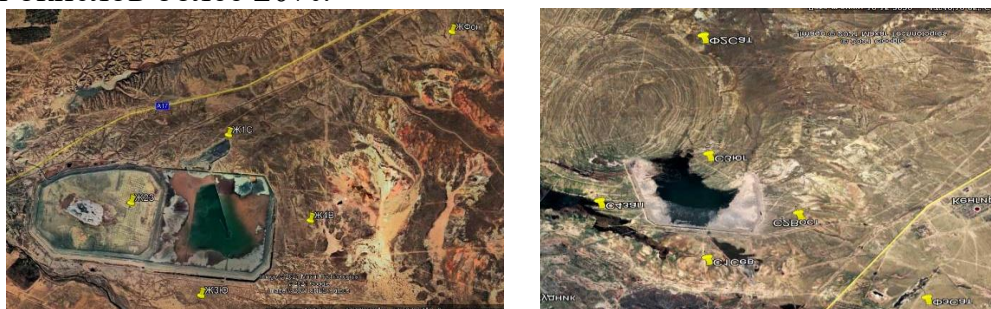


Рисунок 3.19 - Хвостохранилища Жезказганского региона (Google Earth Pro, дата обращения, 2022)

Хвосты обогащения медной руды представляют собой смесь тонкозернистого пылеватого песка и супеси сизовато-серого и чёрного цвета (табл.3.6). После технологического процесса обогащения они в виде пульпы насосом по пульповоду перекачиваются в хвостохранилище. Твердая фаза хвостов осаждается и складывается, жидкая - отстаивается, осветленная вода возвращается на фабрику для использования в технологическом процессе.

Таблица 3.5 Химический состав (основные элементы) хвостов обогащения (составлена автором)

Вещество	Cu	Pb	Zn	SiO ₂	Fe	Al ₂ O ₃	CaO	S
Состав, %	0,1	0,02	0,02	69,7	2,6	12,0	5,2	0,1

Геолого-литологическое строение участков хвостохранилищ характеризуется наличием естественных глинистых, обломочных и скальных грунтов, залегающих в основании дамб и ложа хвостохранилищ, а также насыпных и намывных грунтов, слагающих непосредственно тела дамб и заполняющих ложе. Проблема эксплуатации хвостохранилищ заключается в том, что помимо отчуждения значительных площадей для размещения хвостов обогащения, происходит сильное пыление, загрязняя тем самым воздух и прилегающие земли. Положение усугубляется жарким засушливым климатом и сильными частыми ветрами (рис. 3.20).

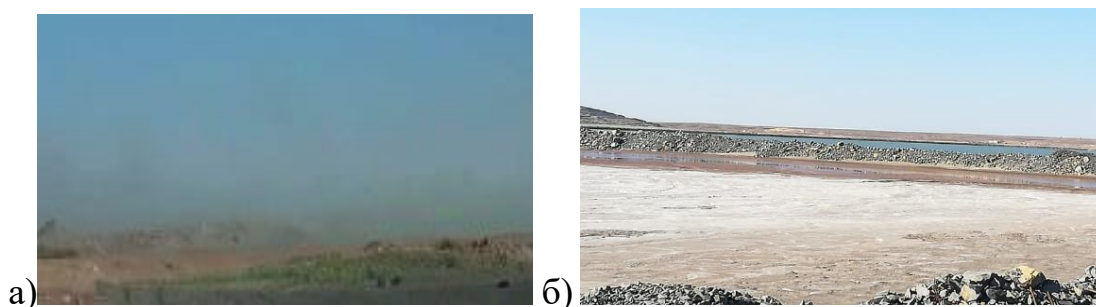


Рисунок 3.20 – Хвостохранилище (фото автора):
а) пыление в сильный ветер; б) в штиль

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; почвенный покров на содержание 21 химического элемента в верхнем и нижнем слоях; растительный покров на содержание 41 элемента (основные: медь, свинец, ванадий, цинк, кобальт). Исследования поверхностных и подземных вод не показали влияния на их состояние. Таким образом, наиболее информативные – показатели состояния воздуха, почвы.

В юго-западной части хвостохранилища I в двух, удаленных друг от друга на расстояние более 1 км точках были проведены замеры концентраций загрязняющих веществ. Дополнительно через несколько дней при южном ветре 4 м/с была замерена концентрация пыли. Выполнены исследования

также на непосредственной границе хвостохранилищ в 4 точках (по 4 румбам); в пределах границ СЗЗ в 8 точках (по 8 румбам) (рис. 3.21 а)). Результаты исследований представлены в таблице 3.7. Аналогичные исследования выполнены на хвостохранилище II (рис. 3.21 б)). Результаты исследований представлены в таблице 3.6, 3.7.



а) хвостохранилище I

б) хвостохранилище II

Рисунок 3.21 – Точки исследования состояния воздуха

Для сравнения выполнены работы по оценке эмиссий с поверхностей. Все исследования сопровождались измерениями метеопараметров.

Для определения элементного состава пыли на участках выполнялись исследования атомно-эмиссионным методом с индукционно-связанной плазмой. Результаты исследований представлены в таблицах 3.6 - 3.8. Интенсивность пыления прямо пропорциональна скорости ветра. При скорости ветра более 10 м/с отмечается влияние хвостохранилища за границей СЗЗ.

Таблица 3.6 Результаты исследований качества атмосферного воздуха на хвостохранилище I (составлена автором)

№	Точка наблюдения	Взвешенные вещества, мг/м ³	Оксиды серы, мг/м ³	Сероводород, мг/м ³	PM 2,5 мг/м ³	PM 10 мг/м ³	SiO ₂ 70-20%, мг/м ³	Метеоусловия
1	Хвостохранилище. Участок без покрытия (30.10.2020)	0,035 (весовой метод)	Не обнаружен <0,025	Не обнаружен <0,004	0,01	Не обнаружено <0,01	Не обнаружено <0,01	+11 ⁰ С. штиль
2	Хвостохранилище. Участок без покрытия (30.10.2020)	0,03 (весовой метод)	Не обнаружен <0,025	Не обнаружен <0,004	0,014	0,01	Не обнаружено <0,01	t +11 ⁰ С. штиль
3	Хвостохранилище. Участок 1 с покрытием	0,0025 (весовой метод)	Не обнаружен <0,025	Не обнаружен <0,004	0,011	Не обнаружено <0,01	Не обнаружено <0,01	t +11 ⁰ С. штиль
4	Хвостохранилище. Угол участка 3 с покрытием	<0,07	Не обнаружен <0,025	Не обнаружен <0,004	0,012	Не обнаружено <0,01	Не обнаружено <0,01	t +11 ⁰ С. штиль
5	Южная граница хвостохранилища	<0,07	Не обнаружен <0,025	Не обнаружен <0,004	0,012	0,01	Не обнаружено <0,01	t +11 ⁰ С. штиль
6	Западная гра-	<0,07	Не обнару-	Не об-	0,01	Не обна-	Не обнару-	t +11 ⁰ -

	нища хвостохранилища		жен <0,025	наружен <0,004		ружено <0.01	жено <0.01	+12 ⁰ С. штиль
7	Северная граница хвостохранилища	<0,07	Не обнаружен <0,025	Не обнаружен <0,004	0,012	0.01	Не обнаружено <0.01	t +11 ⁰ - +12 ⁰ С. штиль
8	Восточная граница хвостохранилища	<0,07	Не обнаружен <0,025	Не обнаружен <0,004	0,011	Не обнаружено <0.01	Не обнаружено <0.01	t +11 ⁰ - +12 ⁰ С. штиль
9	Территория СЗЗ. Юг	<0,07	Не обнаружен <0,025	Не обнаружен <0,004	0,014	0,012	Не обнаружено <0.01	t +13 ⁰ С. 3 м/сек Восточный
10	Территория СЗЗ. Юго-Восток	<0,07	Не обнаружен <0,025	Не обнаружен <0,004	0,015	0,011	0.015	t +13 ⁰ С. 3 м/сек Восточный
11	Территория СЗЗ. Восток	<0,07	Не обнаружен <0,025	Не обнаружен <0,004	0,014	0,012	Не обнаружено <0.01	t +13 ⁰ С. 3 м/сек Восточный
12	Территория СЗЗ. Северо-Восток	<0,07	Не обнаружен <0,025	Не обнаружен <0,004	0,015	0,011	0.011	t +14 ⁰ С. 3 м/сек Восточный
13	Территория СЗЗ. Север	<0,07	Не обнаружен <0,025	Не обнаружен <0,004	0,015	0,012	Не обнаружено <0.01	t +14 ⁰ С. 3 м/сек Восточный
14	Территория СЗЗ. Северо-Запад	0,08	0,006	0,00061	0,018	0,011	Не обнаружено <0.01	t +13 ⁰ С. 3 м/сек Восточный
15	Территория СЗЗ. Запад	0,08	Не обнаружен <0,025	0,00056	0,016	0,012	Не обнаружено <0.01	t +12 ⁰ С. 3 м/сек Восточный
16	Территория СЗЗ. Юго-запад	0,056	0,0069	Не обнаружен <0,004	0,016	0,014	Не обнаружено <0.01	t +12 ⁰ С. 4 м/сек Восточный
17	Хвостохранилище. Участок без покрытия (14.11.2020)	0,18 (весовой метод)	Не обнаружен <0,025	Не обнаружен <0,004	0.01	Не обнаружено <0.01	Не обнаружено <0.01	t -1 ⁰ С. 4 м/сек южный
18	Хвостохранилище. Участок без покрытия (14.11.2020)	0,26 (весовой метод)	Не обнаружен <0,025	Не обнаружен <0,004	0,014	0,01	Не обнаружено <0.01	t -1 ⁰ С. 4 м/сек южный
19	Хвостохранилище. Участок 1 с покрытием (14.11.2020)	0,22 (весовой метод)	Не обнаружен <0,025	Не обнаружен <0,004	0,011	Не обнаружено <0.01	Не обнаружено <0.01	t -1 ⁰ С. 4 м/сек южный
20	Хвостохранилище. Участок 3 с покрытием (14.11.2020)	0,21 (весовой метод)	Не обнаружен <0,025	Не обнаружен <0,004	0,012	Не обнаружено <0.01	Не обнаружено <0.01	t -1 ⁰ С. 4 м/сек южный

Таблица 3.7 Результаты исследований качества атмосферного воздуха на хвостохранилище II (составлена автором)

№	Точка Наблюдения	Взвешенные вещества, мг/м ³	Оксиды серы, мг/м ³	Сероводород, мг/м ³	PM 2,5, мг/м ³	PM 10, мг/м ³	SiO ₂ 70-20%, мг/м ³	Метеоусловия
1	Точка наблюдения 1 (ТН1) Юг граница участка	0<0,07	Не обнаружен <0,025	0,00051	0,014	Не обнаружено <0.010	0,011	t +10 ⁰ С. Ветер Восточный 2 м/с
2	Точка наблюдения 2 (ТН2)	0,029 мг/м ³ (ве-	0,011	Не обнаружен <0,004	0,012	0,012	Не обнаружено	t +10 ⁰ С. Ветер

	запад граница	совой ме- тод)					<0.01	Восточ- ный 2 м/с
3	Точка наблю- дения 3 (ТН3) Север граница	<0,07	Не обна- ружен <0,025	Не обнару- жен <0,004	0,012	0.011	Не обна- ружено <0.01	t +11 ⁰ С. Ветер Восточ- ный 1,5 м/с
4	Точка наблю- дения 4 (ТН4) Восток грани- ца участка	<0,07	Не обна- ружен <0,025	Не обнару- жен <0,004	0,014	0,012	Не обна- ружено <0.01	t +11 ⁰ С. Восточ- ный 1,5 м/с
5	Точка наблю- дения 5 (ТН5) Территория СЗЗ. Восток	<0,07	Не обна- ружен <0,025	Не обнару- жен <0,004	0,012	Не обна- ружено <0.010	Не обна- ружено <0.01	t +12 ⁰ С. Ветер Восточ- ный 1 м/с
6	Точка наблю- дения 6 (ТН6) Территория СЗЗ. Юго- Восток	<0,07	Не обна- ружен <0,025	Не обнару- жен <0,004	0,012	Не обна- ружено <0.010	0.015	t +12 ⁰ С. Ветер Восточ- ный 1 м/с
7	ТН7 Террито- рия СЗЗ. Юг	<0,07	Не обна- ружен <0,025	Не обнару- жен <0,004	0,010	Не обна- ружено <0.010	Не обна- ружено <0.01	t +12 ⁰ С. Ветер Восточ- ный 1 м/с
8	ТН8 Террито- рия СЗЗ. Юго- Запад	<0,07	0,019	Не обнару- жен <0,004	0,012	Не обна- ружено <0.010	0.011	t +11 ⁰ С. Восточ- ный 1 м/с
9	ТН9 Террито- рия СЗЗ. Запад	<0,07	Не обна- ружен <0,025	Не обнару- жен <0,004	0,012	Не обна- ружено <0.010	Не обна- ружено <0.01	t +11 ⁰ С. Ветер Восточ- ный 1 м/с
10	ТН10 Терри- тория СЗЗ. Северо-Запад	0,08	Не обна- ружен <0,025	Не обнару- жен <0,004	0,010	Не обна- ружено <0.010	Не обна- ружено <0.01	t +11 ⁰ С. Ветер Восточ- ный 1 м/с
11	ТН11 Террито- рия СЗЗ. Север	0,08	Не обна- ружен <0,025	Не обнару- жен <0,004	0,011	Не обна- ружено <0.010	Не обна- ружено <0.01	t +11 ⁰ С. Ветер Восточ- ный 1 м/с
12	ТН 12 Терри- тория СЗЗ. Северо-Восток	0,056	Не обна- ружен <0,004	0,00054	0,01	Не обна- ружено <0.010	Не обна- ружено <0.01	t +10 ⁰ С. Ветер Восточ- ный 1 м/с

Таблица 3.8 – Результаты исследований проб пыли, отобранной на тер-
ритории хвостохранилищ (составлена автором)

Наименование объекта/ Точка отбора			Хвостохранилище I	Хвостохранилище II
Определяемые элементы			Содержание, мг/кг	
1	Серебро	Ag	0,9	0,9
2	Мышьяк	As	5,6	5,6
3	Барий	Ba	1236	429
4	Кадмий -	Cd	<0,05	0,60
5	Кобальт	Co	14,9	18,4
6	Хром	Cr	21,2	29,7
7	Медь	Cu	8411	1677
8	Железо	Fe	14160	13210
9	Галлий	Ga	8,7	7,6

10	Лантан	La	35,71	33,83
11	Марганец	Mn	191,4	713,9
12	Молибден	Mo	6,9	1,6
13	Никель	Ni	11,0	15,7
14	Свинец	Pb	822,0	261,7
15	Сурьма	Sb	<0,1	<0,1
16	Олово	Sn	5,5	3,5
17	Стронций	Sr	235,0	123,6
18	Титан	Ti	1662	2140
19	Ванадий	V	49,8	52,2
20	Вольфрам	W	1,7	4,0
21	Иттрий	Y	9,0	14,9
22	Цинк	Zn	39	473
23	Цирконий	Zr	70,5	94,1

Обработка полученных результатов позволила получить следующую информацию (рис. 3.22 – 3.27). На графиках приведены концентрации взвешенных веществ, сероводорода, частиц РМ 2.5, РМ 10, пыли неорганической (70-20% диоксида кремния).

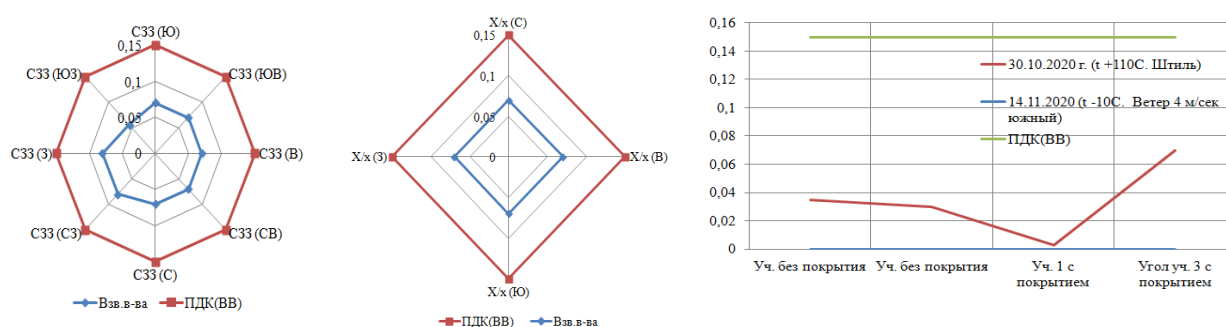


Рисунок 3.22 – Концентрация взвешенных веществ на хвостохранилище I

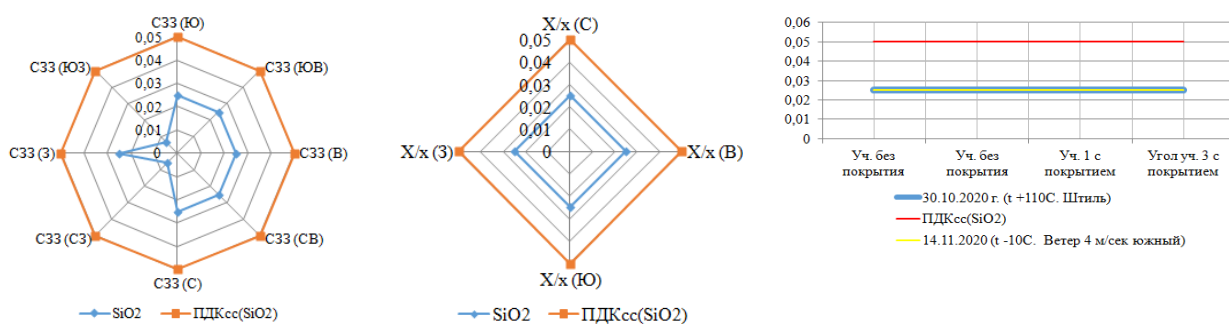


Рисунок 3.23 – Концентрация диоксида кремния на хвостохранилище I

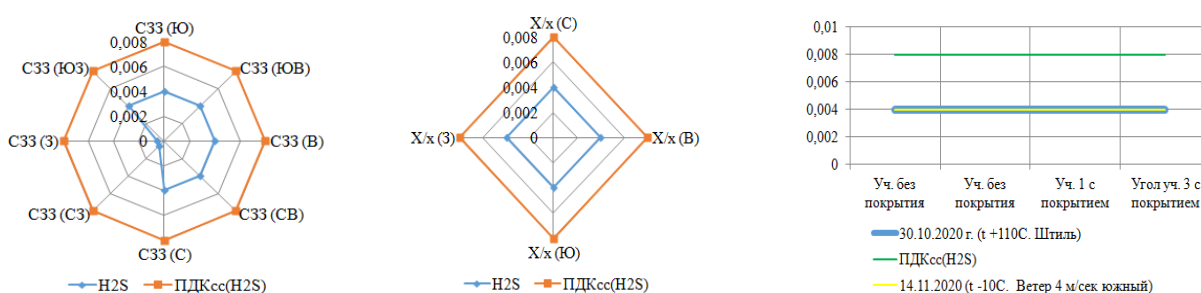


Рисунок 3.24 – Концентрация сероводорода на хвостохранилище I

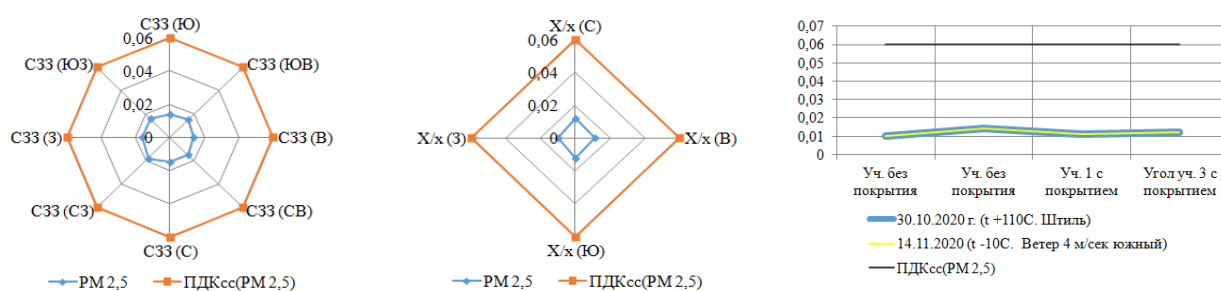


Рисунок 3.25 – Концентрация PM 2,5 на хвостохранилище I

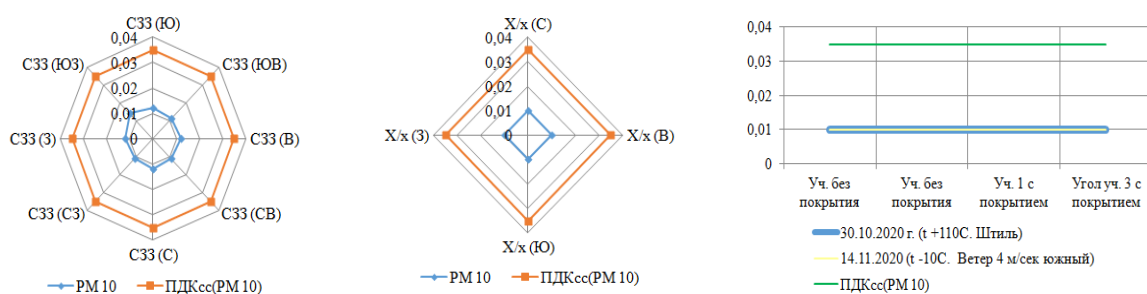


Рисунок 3.26 – Концентрация PM 10 на хвостохранилище I

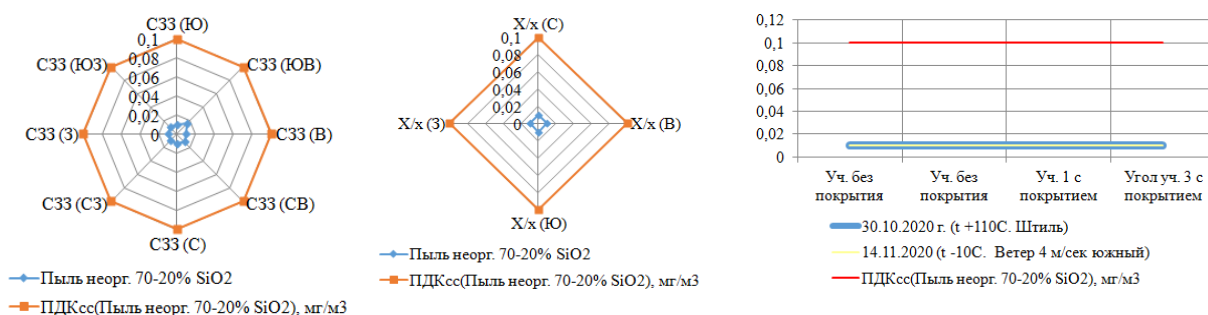
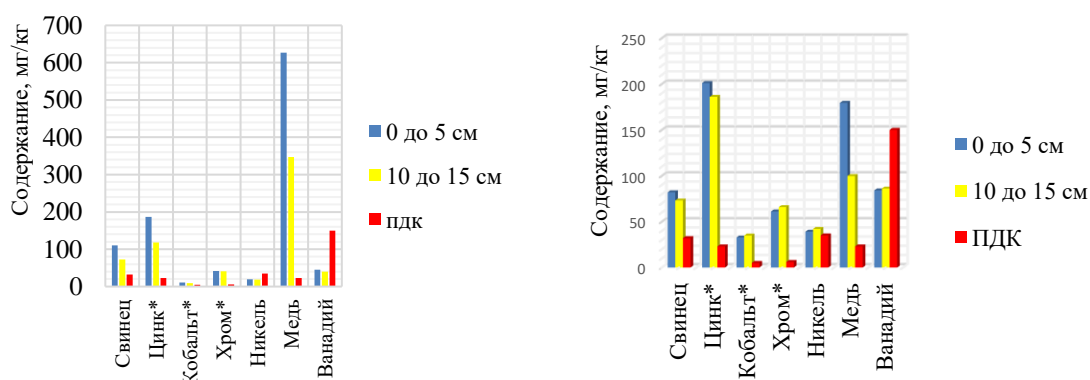


Рисунок 3.27 – Концентрация пыли неорганической (70-20% диоксида кремния) на хвостохранилище I

По результатам исследований и замеров в осенний, весенний и летний периоды выявлено отсутствие эмиссий газов с поверхности хвостохранилищ, при этом происходит только выделение пыли; по гранулометрическому составу преобладает пыль мелкодисперсная PM 2,5 и менее; пыль по составу в основном представлена соединениями железа, меди, титана, бария, свинца; интенсивность пыления прямо пропорциональна скорости ветра.

Анализ почвы (18 проб) проводился на содержание химических элементов в верхнем (0 – 5 см) и нижнем слоях почвы (10 – 15 см) на границе СЗЗ. В пределах ПДК находится содержание сурьмы, марганца, никеля, ванадия. Прослеживается повышение концентраций порядка 3ПДК свинца, 8ПДК цинка, от 2 до 7ПДК кобальта, от 7 до 11ПДК хрома, что является следствием пыления хвостохранилищ, от 8 до 27ПДК меди в связи с аномальным геохимическим фоном (Серых и др., 2009) (рис.3.28). СПЗ почв санитарно-защитной зоны участков хвостохранилищ по результатам исследований на содержание химических элементов равен 42 – по хвостохранилищу I и 32 – по хвостохранилищу II, что соответствует критическому (чрезвычайно опасному) экологическому состоянию. По превышению ПДК свинца,

цинка и меди экологическое состояние охарактеризовано переходом к катастрофическому. При этом можно отметить перекрытость поверхности почвы абиотическими техногенными наносами свыше 20 см.



а) Хвостохранилище I

б) Хвостохранилище II

Примечание: * - сравнение проводилось с ПДК подвижной формы элементов в почве

Рисунок 3.28 – Содержание элементов в верхнем и нижнем слое почвы на границе СЗЗ хвостохранилищ

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 (рис.3.29-3.32). 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.

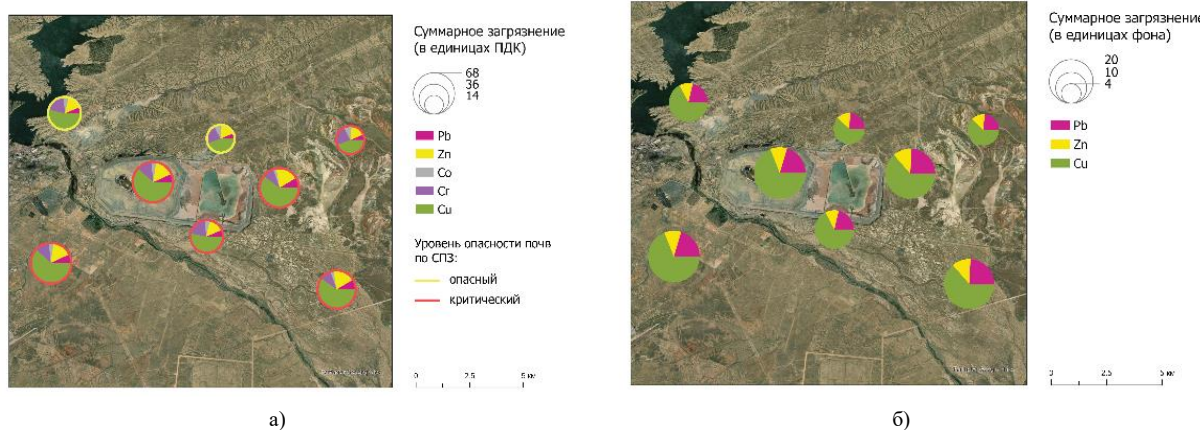


Рисунок 3.29 - Распределение загрязняющих веществ в почве СЗЗ хвостохранилища I на глубине 0-5 см: а) СПЗ почв по румбам, рассчитанный с учетом ПДК; б) СПЗ почв по румбам с учетом фоновых концентраций

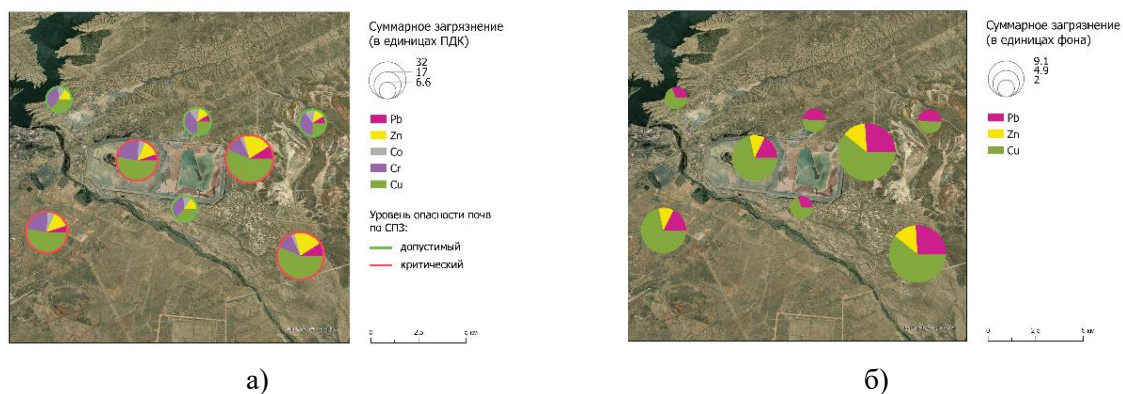


Рисунок 3.30 - Распределение загрязняющих веществ в почве СЗЗ хвостохранилища I на глубине 10-15 см: а) СПЗ почв по румбам, рассчитанный с учетом ПДК; б) СПЗ почв по румбам с учетом фоновых концентраций

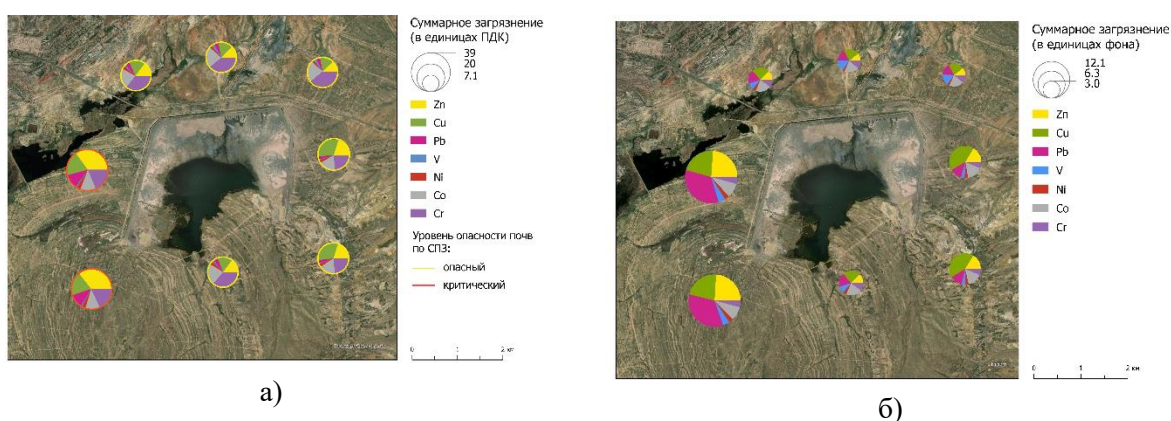


Рисунок 3.31 - Распределение загрязняющих веществ в почве СЗЗ хвостохранилища II на глубине 0-5 см: а) СПЗ почв по румбам, рассчитанный с учетом ПДК; б) СПЗ почв по румбам с учетом фоновых концентраций

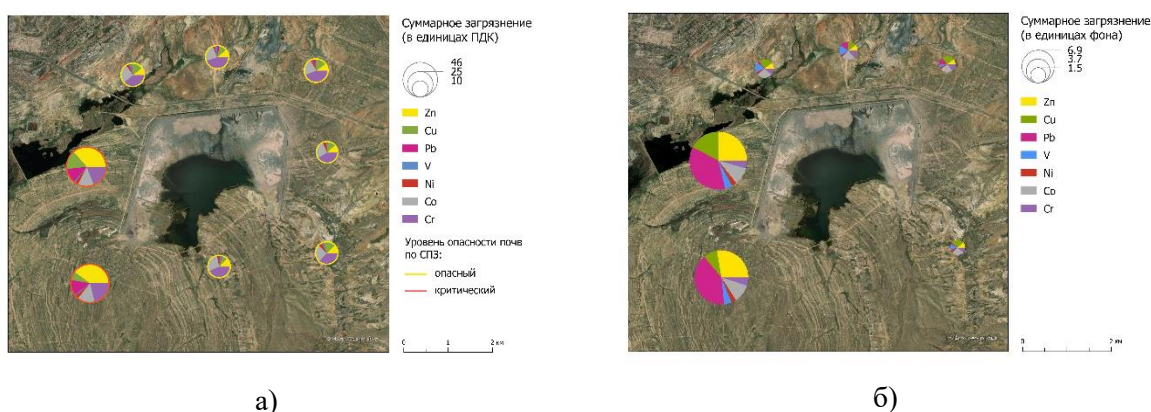


Рисунок 3.32 - Распределение загрязняющих веществ в почве хвостохранилища II на глубине 10-15 см: а) СПЗ почв по румбам, рассчитанный с учетом ПДК; б) СПЗ почв по румбам с учетом фоновых концентраций

По превышению ПДК веществ 1 (Pb, Zn) и 2 (Cu) классов опасности экологическое состояние почв месторождения переходит в катастрофическое (рис.3.33-3.36). 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 взмывается, отмечается значительное влияние хвостохранилища за пределами СЗЗ. Распространение загрязнения зависит от локальных физико-географических особенностей территории, длительности и технологических условий складирования отходов. Экологическое состояние территории хвостохранилища II по СПЗ является менее загрязнённым, чему способствует влажное состояние отходов, наличие небольшого образовавшегося водоёма из осветленной воды на его поверхности.

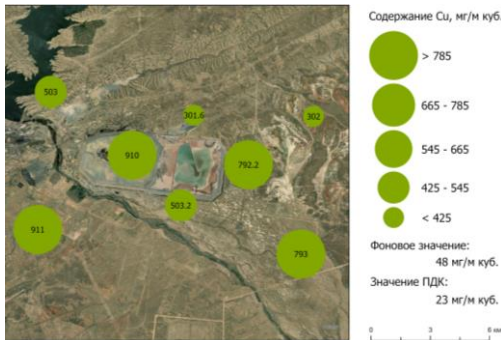
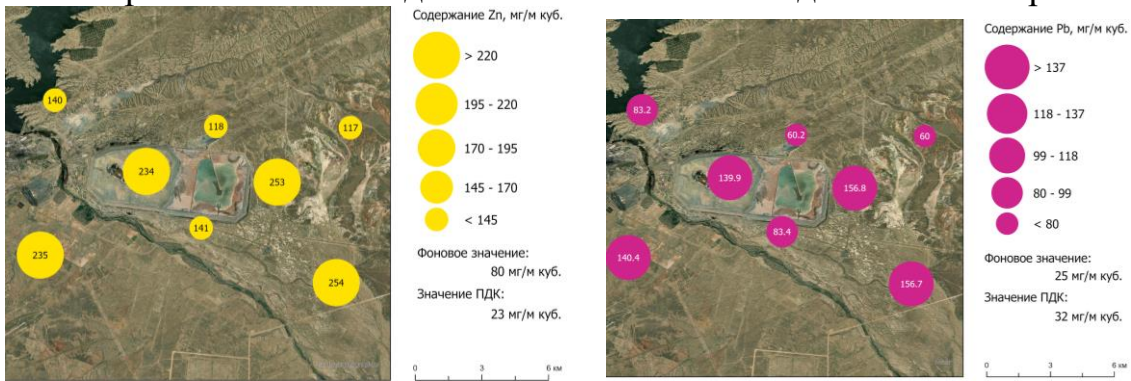


Рисунок 3.33 - Распределение основных загрязняющих веществ в почве хвостохранилища I на глубине 0-5 см

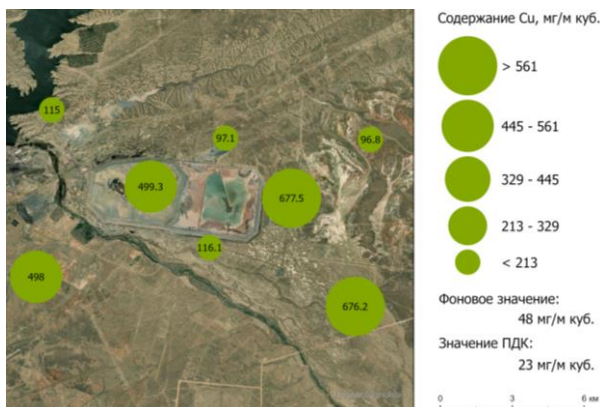
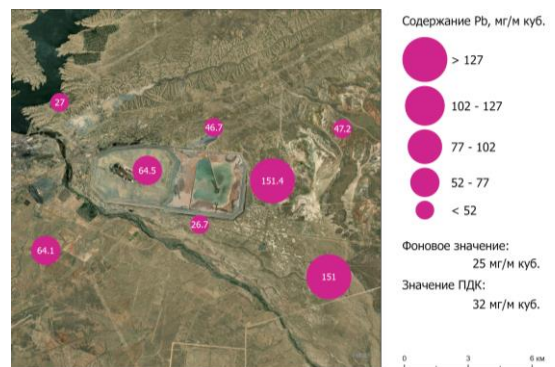
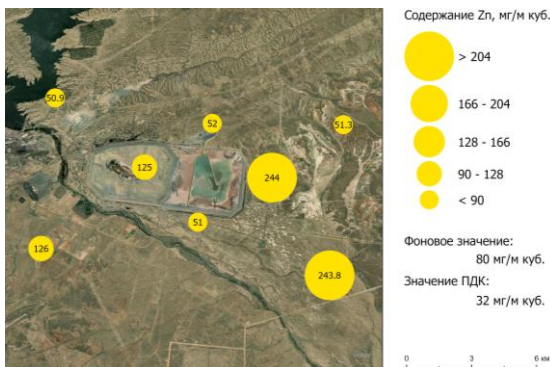


Рисунок 3.34 - Распределение основных загрязняющих веществ в почве хвостохранилища I на глубине 10-15 см

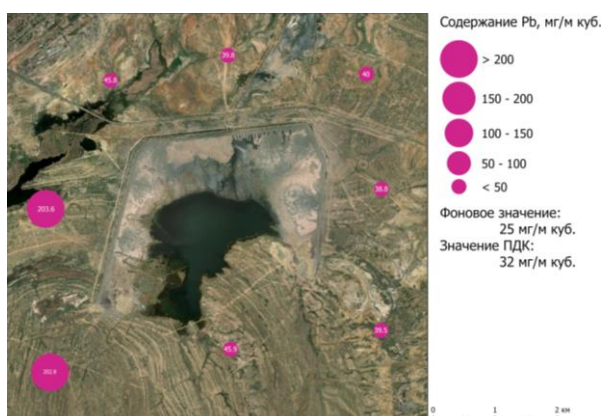
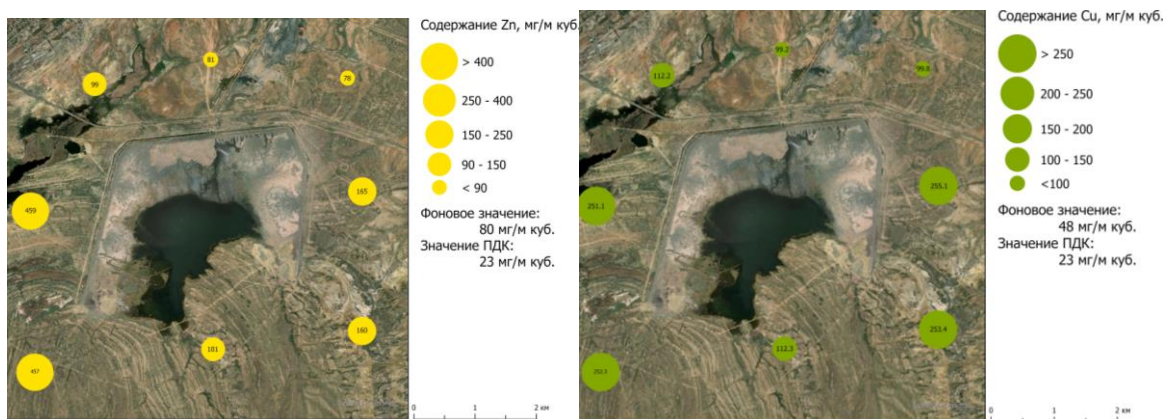


Рисунок 3.35 - Распределение основных загрязняющих веществ в почве хвостохранилища II на глубине 0-5 см

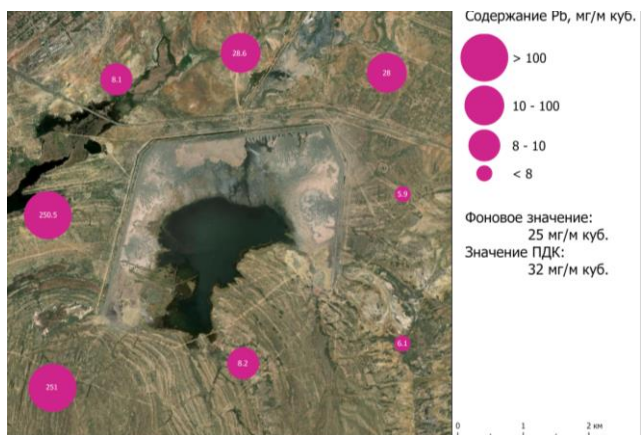
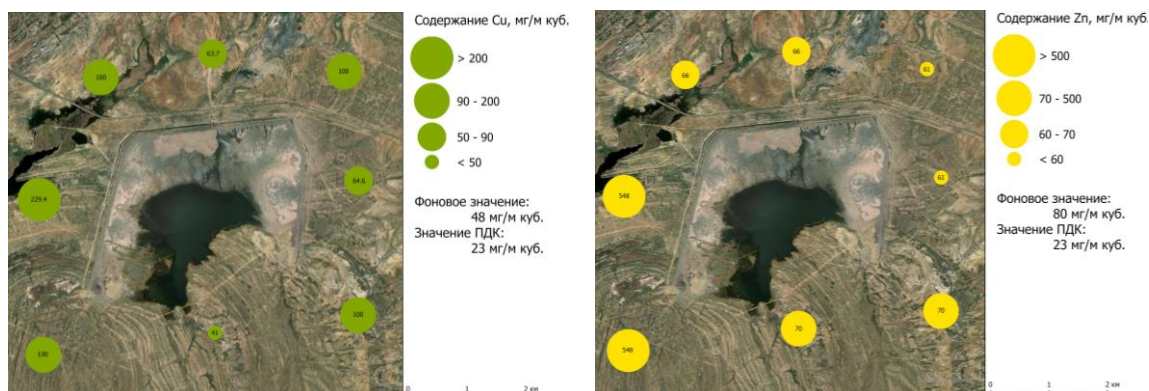


Рисунок 3.36 - Распределение основных загрязняющих веществ в почве хвостохранилища II на глубине 10-15 см

В зимний период для оценки влияния хвостохранилищ на компоненты окружающей среды проводились исследования снежного покрова (конец зимы – начало весны). Пылевая нагрузка на рельеф определена по количеству пыли, содержащейся в снежном покрове и усредненная на весь период снеготастава. Содержание металлов в пыли различается в фоновой точке и на границе СЗЗ хвостохранилищ: так, цинка в фоновой точке - 288 г/км², на границе СЗЗ - 813 г/км². Медь, железо, марганец, свинец, цинк имеют наиболее высокий коэффициент поступления в снеговой покров в точках опробования на границе СЗЗ хвостохранилищ (табл. 3.9, 3.10). Фоновая точка находится в стороне от промышленных объектов, и содержание пыли связано с влиянием железной дороги и автодороги, а также с природной эрозией. В северной точке состав пыли отличается от пыли хвостохранилища и обусловлен влиянием дорог. В южной и восточной точках, с учетом розы ветров и соотношением концентраций, очевидно, что концентрации элементов отражают вклад хвостохранилища. Причем восточная точка находится с подветренной стороны хвостохранилища, т.е. попадает пыль с него. Влияние других объектов можно исключить ввиду значительного расстояния до них (автомобильная и железная дороги находятся на расстоянии более 5 км).

Таблица 3.9 Результаты анализа проб снега (составлена автором)

Точка отбора	И С (хвостохранилище I, северная граница на СЗЗ)	И З (западная граница на СЗЗ)	И Ю (южная граница на СЗЗ)	И В (восточная граница на СЗЗ)	И Ф (фоновая за границей СЗЗ)	Пыль с поверхности на территории хвостохранилища	Пыль на границе хвостохранилища		
Дата отбора	27.03.2021	27.03.2021	29.03.2021	29.03.2021	27.03.2021	27.11.2020	26.04.2021		
Вес сухого осадка в снеговой пробе, г	2,1684	2,5492	2,7331	3,111	0,8519	замер в воздухе	замер в воздухе		
Определяемые элементы	Содержание мг/кг пробы								
1	Барий	Ba	304	67	16	119	87	1236	1084
2	Кобальт	Co	29,2	4,7	9,8	6,4	4,7	14,9	19,7
3	Хром	Cr	67,2	8,4	8,2	9,5	6,3	21,2	33,08
4	Медь	Cu	3267,5	307,7	286,9	277,9	333,2	8411	2707
5	Железо	Fe	20645	2243	2838	2669	2123	14160	14079,6
6	Марганец	Mn	388,9	106,0	147,2	166,7	102,6	191,4	632,1
7	Молибден	Mo	5,8	0,3	0,1	0,1	0,2	6,9	1,0
8	Никель	Ni	37,9	5,4	3,5	3,7	3,2	11	21,6
9	Свинец	Pb	1831,1	98,1	57,5	42,3	112,3	822	294,5
10	Олово	Sn	5,6	0,4	<0,1	0,4	<0,1	5,5	0,5
11	Стронций	Sr	137,0	29,8	22,2	27,6	22,2	235	150,2
12	Титан	Ti	2111	320	427	445	314	1662	1640

13	Ванадий	V	95,5	10,5	16,4	16,1	12,8	49,8	55,6
14	Вольфрам	W	9,8	0,3	0,5	0,5	0,2	1,7	0,2
15	Цинк	Zn	558	46	29	34	44	39	276

Таблица 3.10 Расчет пылевой нагрузки для хвостохранилища I (составлена автором)

№ п/п	Точка наблюдения	Временной интервал в сутках	Проектная площадь, м ²	Вес пыли, осажденной снегом, г	Выпадение пыли, г/м ²	Выпадение пыли, кг/км ² в сутки
1	1фон	130	1	0,8519	0,8519	6,5531
2	1З	130	1	2,5492	2,5492	19,609
3	1Ю	130	1	2,7331	2,7331	21,024
4	1В	130	1	3,1112	3,1112	23,932
5	1С	130	1	1,9236	1,9236	14,797

Концентрация пыли западной точки в большей мере обусловлена влиянием города (но уже ослабленное расстоянием) (рис.3.37). Не исключен вклад хвостохранилища, но незначительный.

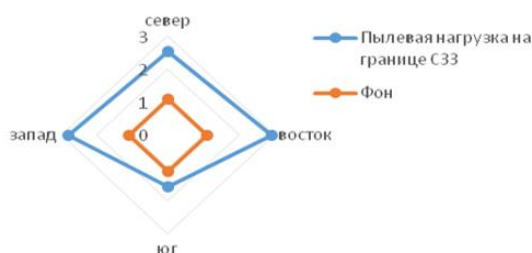


Рисунок 3.37 – Распределение пылевой нагрузки по результатам анализа снеговых проб на границе хвостохранилища I

Результаты исследований снежного покрова на хвостохранилище II приведены ниже в таблицах (3.11, 3.12).

Таблица 3.11 Результаты атомно-эмиссионного анализа с индуктивно связанной плазмой сухого остатка снеговых проб хвостохранилища II (составлена автором)

Точка отбора	II С (северная граница на СЗЗ)	II З (западная граница на СЗЗ)	II Ю (южная граница на СЗЗ)	II В (восточная граница на СЗЗ)	II Ф (фоновая за границей СЗЗ)	Пыль с поверхности на территории хвостохранилища	Пыль на границе хвостохранилища
Дата отбора	28.03.2021	28.03.2021	29.03.2021	29.03.2021	28.03.2021	27.11.2020	26.04.2021
Вес осадка в снеговой пробе, г	2,5492	2,7989	1,5824	2,9236	1,1025	замер в воздухе	замер в воздухе
As	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	5,6	5,0
Ba	690	408	340	184	546	429	1596
Cr	59,3	87,7	82,6	26,3	78,2	29,7	27,1
Cu	1068,2	1350,3	835,0	223,9	607,9	1677	1011
Fe	16097	13139	13973	6425	18590	13210	17149
Mn	217,7	361,3	368,2	137,3	403,2	713,9	565
Mo	0,2	0,4	0,2	<0,1	0,2	1,6	0,96
Ni	19,7	20,1	20,1	4,3	13,6	15,7	17,1
Pb	460,6	528,0	244,8	57,5	130,5	261,7	286,2

Sn	2,4	3,6	2,8	2,2	2,1	3,5	3,5
Sr	84,6	100,5	105,6	32,3	96,5	123,6	129,5
Ti	2692	3245	3027	1149	3278	2140	2606
V	111,3	125,9	114,8	53,7	157,8	52,2	83,3
Zn	178	637	309	102	283	473	206
Zr	97,9	143,0	118,7	51,2	138,5	94,1	78,2

Таблица 3.12 Расчет пылевой нагрузки для хвостохранилища II (составлена автором)

№ п/п	Точка наблюдения	Временной интервал в сутках	Проектная площадь, м ²	Вес пыли, осажженной снегом, г	Выпадение пыли, г/м ²	Выпадение пыли, кг/км ² в сутки
1	1 фон	130	1	1,1025	1,1025	8,4808
2	1С	130	1	2,5492	2,5492	19,609
3	1З	130	1	2,7989	2,7989	21,53
4	1 Ю	130	1	1,5824	1,5824	12,172
5	1 В	130	1	2,9236	2,9236	22,489

Состав пыли в северной точке отличается от пыли хвостов обогащения на хвостохранилище, что связано с влиянием автомобильной и железной дорог, а также промышленных объектов. Учитывая преобладающую зимой розу ветров, влияние хвостохранилища можно считать, как незначительное на южной границе (рис. 3.38).

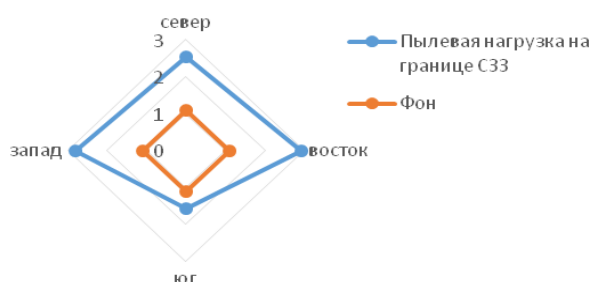


Рисунок 3.38 - Распределение пылевой нагрузки по результатам анализа проб снега на границе СЗЗ хвостохранилища II

Пылевая нагрузка западной точки в большей мере обусловлена влиянием города Жезказган и промышленных объектов, расположенных южнее Сатпаева. Не исключен вклад хвостохранилища, но незначительный. Концентрация пыли на южной точке наблюдения самая низкая и близка к фоновым. На восточную точку приходится максимальное влияние хвостохранилища, что показывает концентрация элементов на этом участке. Количество пыли в точках наблюдения прослеживается по направлению розы ветров – наибольшее количество в точке, расположенной с подветренной стороны хвостохранилища (восточной). Суммарный показатель нагрузки свыше 10000 (Саег, Ревич и др., 1990) оценивается как очень высокий во всех точках опробования на границе СЗЗ хвостохранилищ.

На основании представленных результатов можно сделать вывод, что в зимний период, особенно в период устойчивого снежного покрова, отмечает-

ся наличие эмиссий с поверхности хвостохранилища, но их объем существенно ниже, чем в летний.

Вывод: 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, что отражено в матрице (рис.3.39). 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.



Рисунок 3.39 - Оценка геоэкологического состояния исследованных месторождений (матрица составлена автором)

3.2 Состояние окружающей среды г.Караганда

Город Караганда – самый крупный город Карагандинского региона с населением порядка 500 тыс. человек. Второй по густонаселенности - г. Темиртау, затем следуют Балхаш, Жезказган, а также Шахтинск, Сатпаев, Сарань, Абай, Приозерск, Каркаралинск. Промышленными областными центрами являются Караганда, Темиртау, Балхаш, Жезказган и Абай, Шахтинск.

Геоэкологические условия города Караганды обусловлены индустриальным направлением его развития. В Карагандинской области насчитывалось порядка 14283 источника выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (<https://stat.gov.kz/.../karaganda>), из которых наибольшее количество приходится на Караганду – 3406 единиц. Объем загрязнений, поступающих в атмосферный воздух в Карагандинской области от стационарных источников составило в 2013 году - 572,6 тыс.т, в 2014 году - 603,6 тыс.т, в 2015 году - 596,4 тыс.т, в 2016 году - 593,0 тыс.т, в 2017 году - 598,7 тыс.т, в 2018 году – 587,5 тыс.т, в 2019 году – 641,3 тыс.т, 627,7 тыс.т в 2020 году. (Наци-

ональный доклад...РК, 2020, <http://ecogofond.kz/>). Наибольшее количество выбросов наблюдается от обрабатывающей промышленности - 63%, 26% - от предприятий энергетики и 3% - от предприятий горнодобывающей промышленности. Выбросы по остальным отраслям незначительны.

Карагандинским филиалом РГП «Казгидромет» в г.Караганда осуществляется наблюдение на стационарных постах. Состояние загрязнения воздуха высокое, преимущественно наблюдается содержание частиц РМ-2,5. Зафиксировано содержание частиц РМ-2,5 - 15,9ПДКм.р.; РМ-10 - 8,5ПДКм.р. Содержание газов в воздухе: оксида углерода - 14,5ПДКм.р., оксидов азота - 2,1ПДКм.р, озона - 1,0ПДКм.р, сероводорода - 6,0ПДКм.р, фенола - 1,8ПДКм.р. По остальным веществам превышений ПДК не наблюдается.

Мониторинг за состоянием воздуха проводится в городе (район Пришахтинска) (<https://stat.gov.kz/.../karaganda>). Фиксировалось содержание взвешенных веществ, оксидов серы, углерода, азота, сероводорода, фенола, углеводородов, аммиака, формальдегида. Показатели по веществам, следующие: сероводород - 1,5ПДК, фенол - 1,3ПДК, по остальным веществам превышения не наблюдались. Стационарные источники в городе являются основными по эмиссиям взвешенных веществ (пыль), КПД очистки составляет порядка 99%. Остальные эмиссии представлены в виде оксидов серы, углерода, азота, которые образуются при сжигании различного топлива. Очистка производится по оксидам серы на 7%, по оксиду углерода - 0,8% и на 0,1% по оксидам азота. От стационарных источников поступает 52 наименования химических веществ (<https://stat.gov.kz/.../karaganda>).

В Караганде наблюдение за загрязнением атмосферного воздуха проводится на четырех стационарных постах (ПНЗ), которые расположены в следующих точках города:

- ПНЗ № 1 - на территории аэрологической станции, в районе аэропорта «Городской», переулок Стартовый, 61/7;
- ПНЗ № 3 - на углу ул.Абая, 1 и пр.Бухар-Жырау;
- ПНЗ № 4 - ул. Бирюзова, 22, в районе Нового Майкудука, на территории больницы № 4;
- ПНЗ № 7 - ул. Ермакова, 116.

А также на трех автоматических станциях контроля качества атмосферного воздуха «СКАТ»:

- ПНЗ №5 - ул. Муканова 57/3;
- ПНЗ №6 - на территории аэрологической станции, в районе аэропорта «Городской», переулок Стартовый, 61/7;
- ПНЗ №8 - Пришахтинск, ул.3 Кочегарка (в районе городской больницы).

Отбор проб проводится в соответствии (РД 52.04.186-89):

- на ПНЗ №1 - 4 раза в сутки;
- на ПНЗ № 3,4,7 - 3 раза в сутки;
- на ПНЗ № 5,6,8 «СКАТ» - круглосуточно (каждые 20 минут).

По данным стационарной сети РГП «Казгидромет» в 2020 году состояние атмосферного воздуха в городах Караганде (ИЗА=7), Балхаше (ИЗА=7), Жезказгане (ИЗА=7) и Темиртау (ИЗА=8) характеризовалось высоким уровнем загрязнения, Сарани (ИЗА=5) – повышенным уровнем загрязнения. Индекс загрязнения состояния воздуха в г. Караганда, Темиртау, Жезказган в 2020 году по сравнению с 2019 годом снизился, в г.Балхаше – не изменился, в г. Сарани ухудшился – с «низкого» на «повышенный». В 2020 году в Караганде зафиксированы 65 случаев высокого уровня загрязнения (ВЗ) воздуха, в Темиртау – 7 случаев, в Балхаше – 9 случаев ВЗ, в городе Жезказгане – 3 случая ВЗ (рис. 3.40).

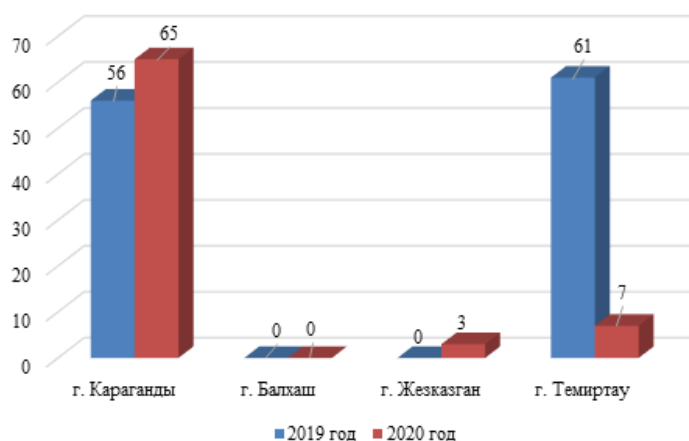


Рисунок 3.40 – Количество случаев высокого загрязнения атмосферного воздуха (Национальный бюллетень, 2021; РГП «Казгидромет»)

Город Караганда по данным наблюдений РГП «Казгидромет» относится к ВЗ, что подтверждается показателем ИЗА – 7...13 (Национальный бюллетень, 2021; РГП «Казгидромет»). Для анализа состояния компонентов окружающей среды урбанизированной территории вблизи промышленных предприятий рассматривается г.Караганда. Город расположен в непосредственной близости от промышленных участков области, что сказывается на состоянии окружающей среды (рис.3.41).



Рисунок 3.41 – Расположение Караганды от ближайших промышленных территорий (рисунок автора)

В промышленных районах города мониторинг в основном проводится

на источниках загрязнения и на границе СЗЗ предприятий. При этом несмотря на наличие санитарно-защитных зон промышленных объектов, влияние предприятий может распространяться далеко за их пределы. Повышенное содержание веществ может быть связано как с промышленным воздействием и транспортом, так и с природными факторами. Важно выделить роль техногенных факторов, что позволит определить природоохранные мероприятия (методы и способы снижения загрязнения, рекультивация земель и др.) и минимизировать воздействие за счет внедрения новых природосберегающих технологий на перспективу.

Для оценки состояния урбогеосистемы были выбраны участки для отбора проб в местах с наибольшим техногенным воздействием: промышленные районы, транспортные магистрали, различные части селитебных территорий (табл. 3.13, рис.3.42). Для оценки выбросов загрязняющих веществ непосредственно от промышленных предприятий также были взяты мониторинговые данные этих объектов и статистические данные (рис.3.42 – 3.50). При отборе проб и обработке результатов использованы действующие методики (ГОСТ 28168-89), замеры проводились оборудованием ГАНК-4.

Таблица 3.13 Мониторинг в г. Караганде (составлена автором)

№пп	Точка наблюдения	Местоположение (координаты)		Вещества
1	Ул. А. Молдагуловой	49.967305	73.207955	пыль
				диоксид серы
				диоксид азота
				оксид углерода
				фенол
				формальдегид
				сероводород
				углеводороды C12-C19
				аммиак
				метилмеркаптаны
				озон
2	Ул. Майлина – ул. Архитектурная	49.879859	73.186517	То же
3	Ул. Маркса – ул. Актюбинская	49.846680	73.189089	-/-
4	Ул. Гапеева – ул. Рыскулова	49.773422	73.144294	-/-
5	Ул. Муканова – пр. Строителей	49.771382	73.141294	-/-
6	Ул. Бухар-Жырау – ул. Чехова	49.783996	73.112198	-/-
7	Ул. Гоголя – ул. Космонавтов	49.799561	73.119419	-/-
8	Ул. Сводная – ул. Пирогова	49.896665	73.079883	-/-
9	Пер. Кузнечный – ул. Паровозная	49.896665	73.064641	-/-
10	Ул. Крылова – ул. Сейфуллина (больничный городок)	49.806385	73.064641	-/-
11	Ул. Четская – ул. Зональная	49.776317	73.094711	-/-
12	45-й квартал (остановка)	49.796946	73.092333	-/-

№пп	Точка наблюдения	Местоположение (координаты)		Вещества
13	Пр. Н.Абдирова 30Б (сп №38)	49.806959	73.098854	-//-
14	Пр. Н.Абдирова – ул. Гоголя	49.806594	73.106257	-//-

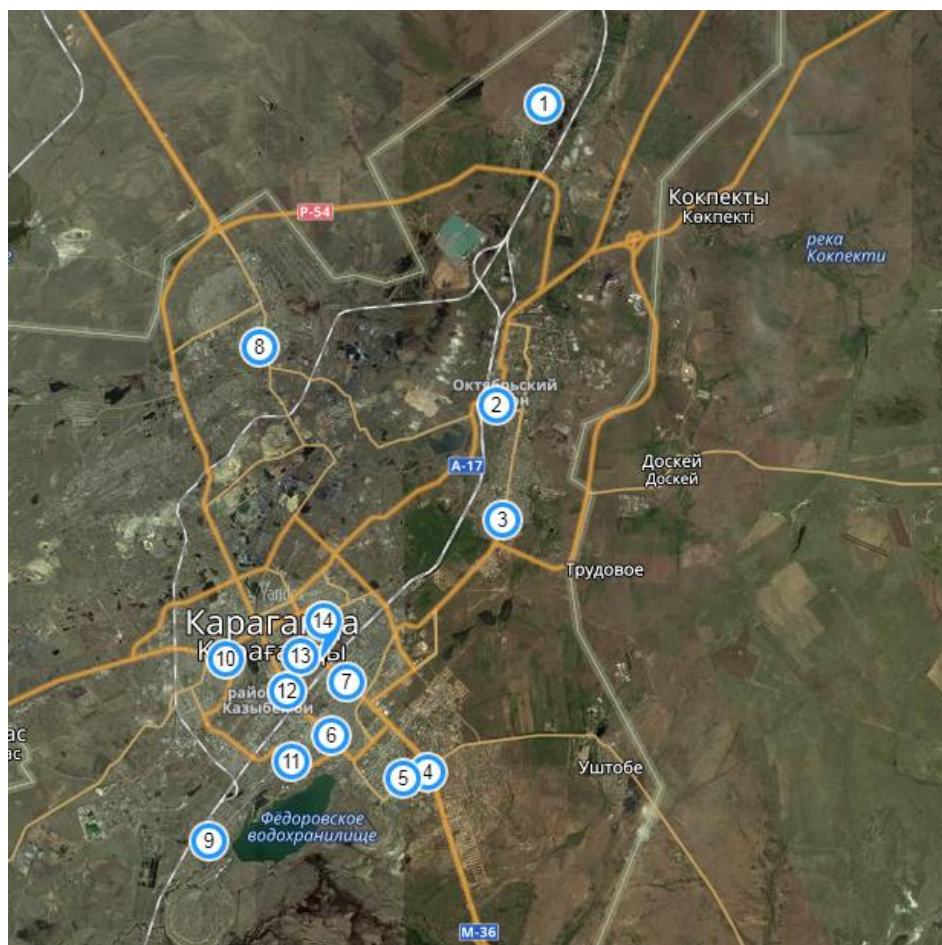


Рисунок 3.42 – Мониторинг качества атмосферного воздуха в Караганде (рисунок автора)

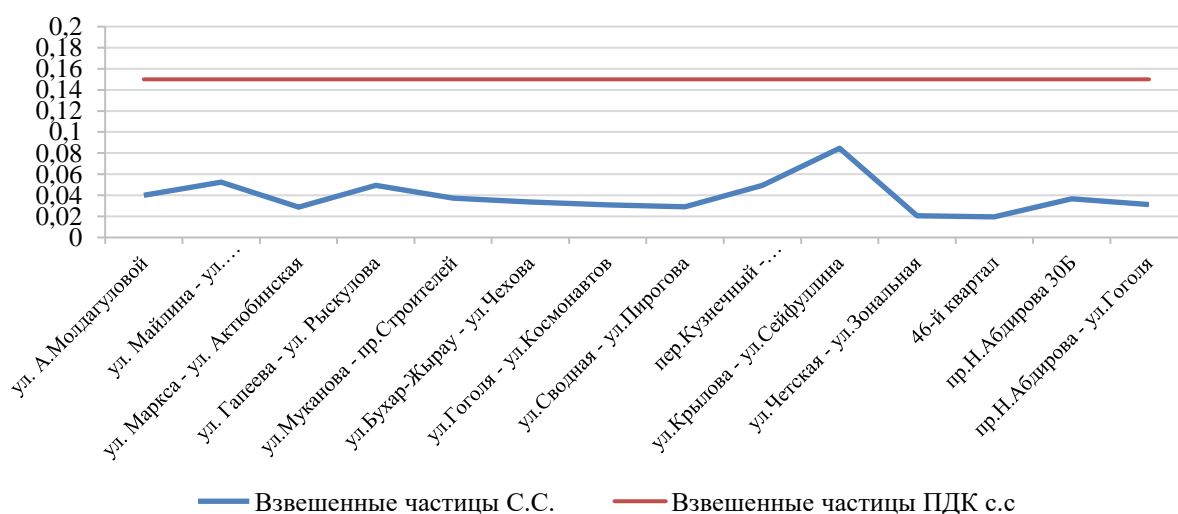


Рисунок 3.43 - Среднесуточное содержание взвешенных частиц в воздухе в сентябре

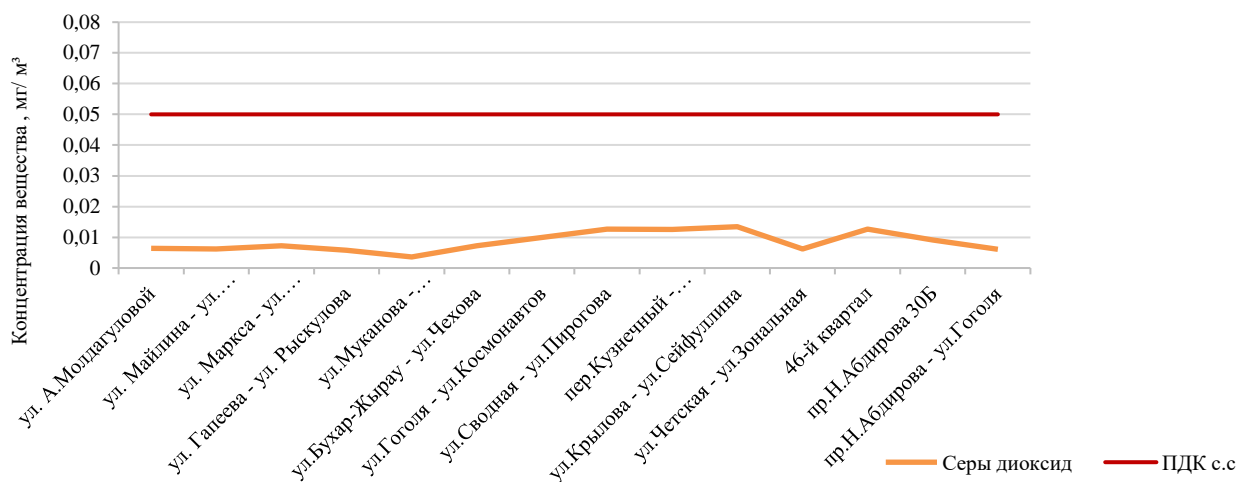


Рисунок 3.44 - Среднесуточное содержание оксидов серы в воздухе в сентябре

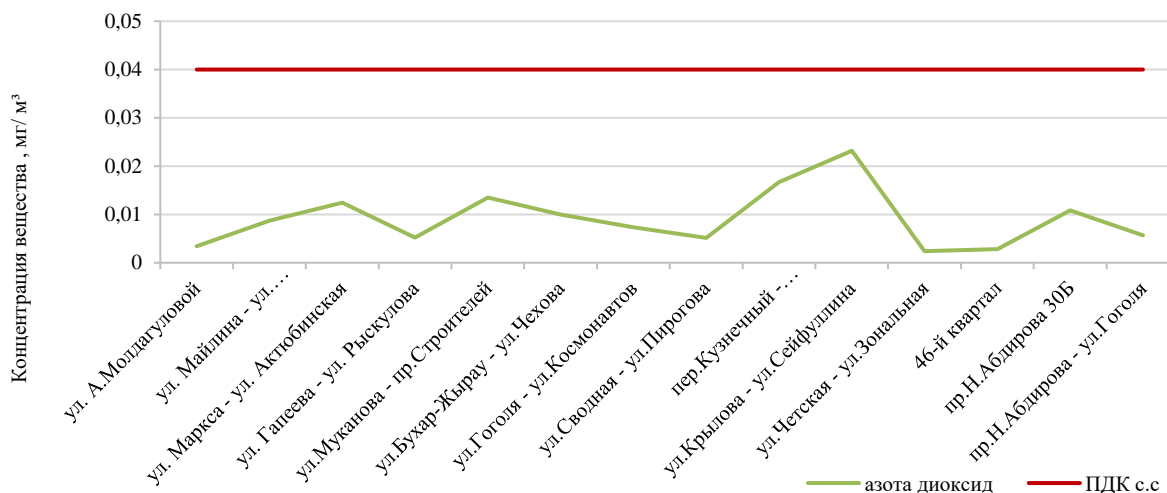


Рисунок 3.45 - Среднесуточное содержание оксидов азота в воздухе в сентябре

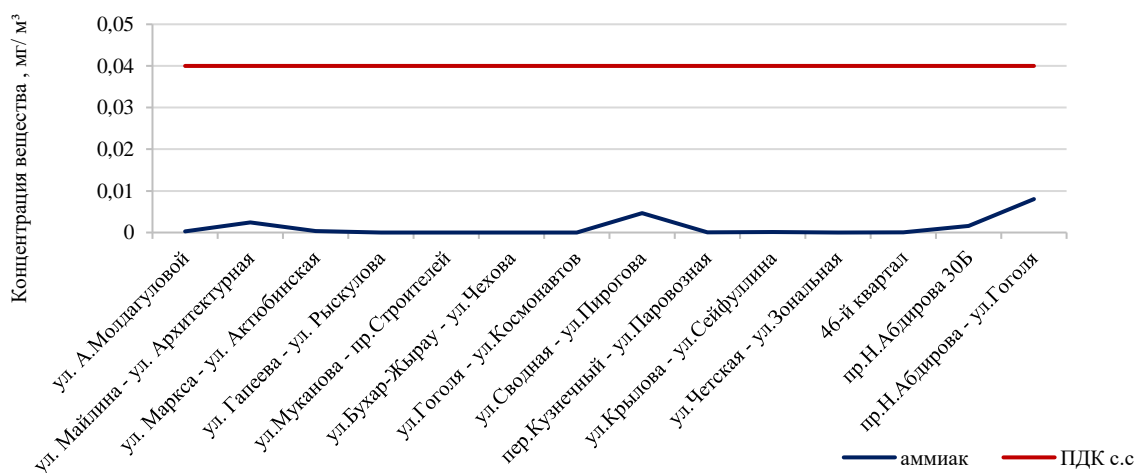


Рисунок 3.46 - Среднесуточное содержание аммиака в воздухе в сентябре

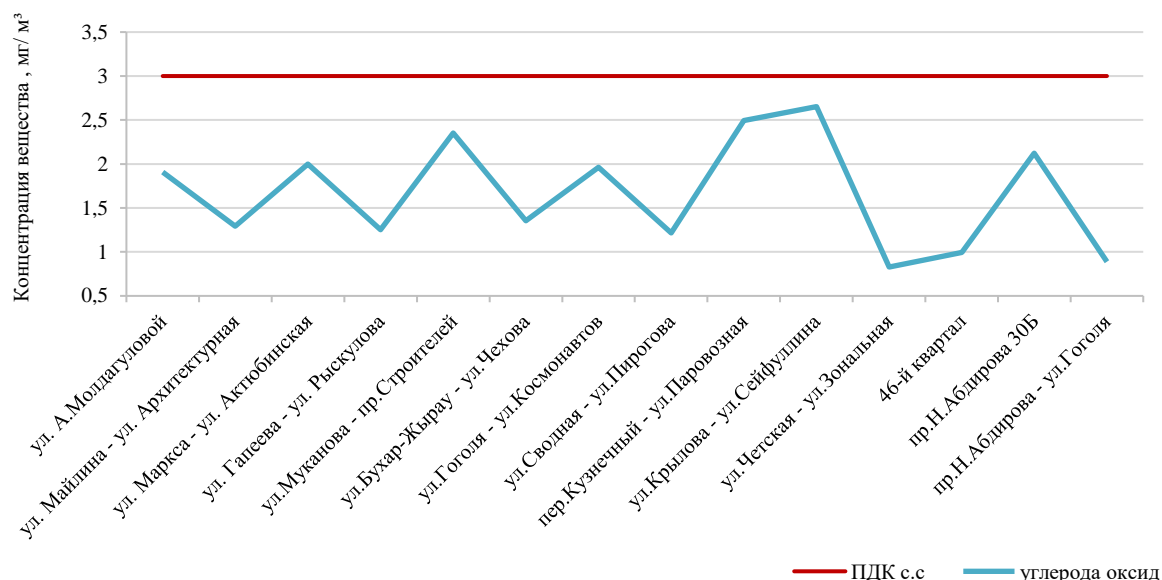


Рисунок 3.47 - Среднесуточное содержание оксида углерода в воздухе в сентябре

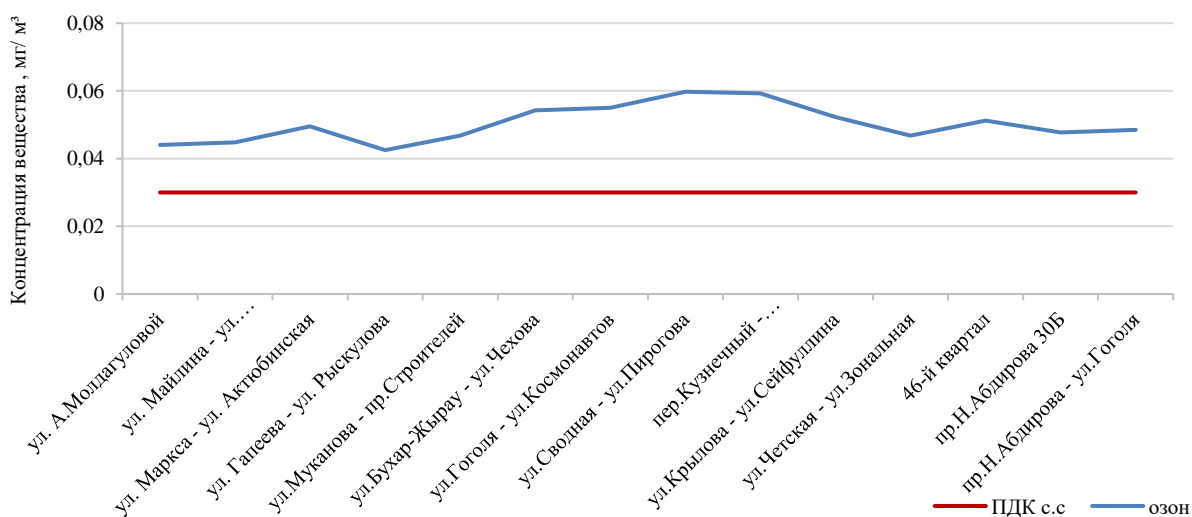


Рисунок 3.48 - Среднесуточное содержание озона в воздухе в сентябре

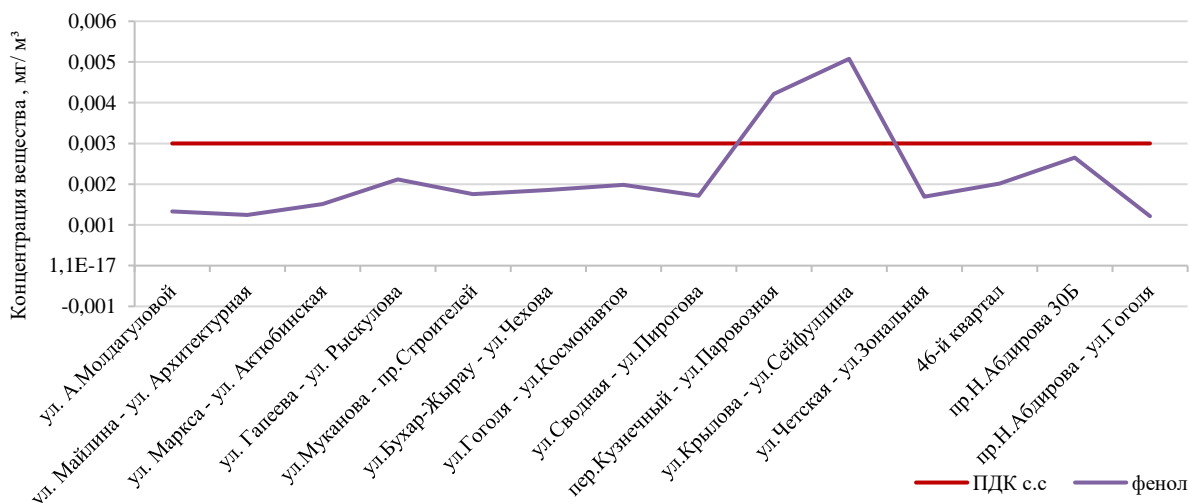


Рисунок 3.49 - Среднесуточное содержание фенола в воздухе в сентябре

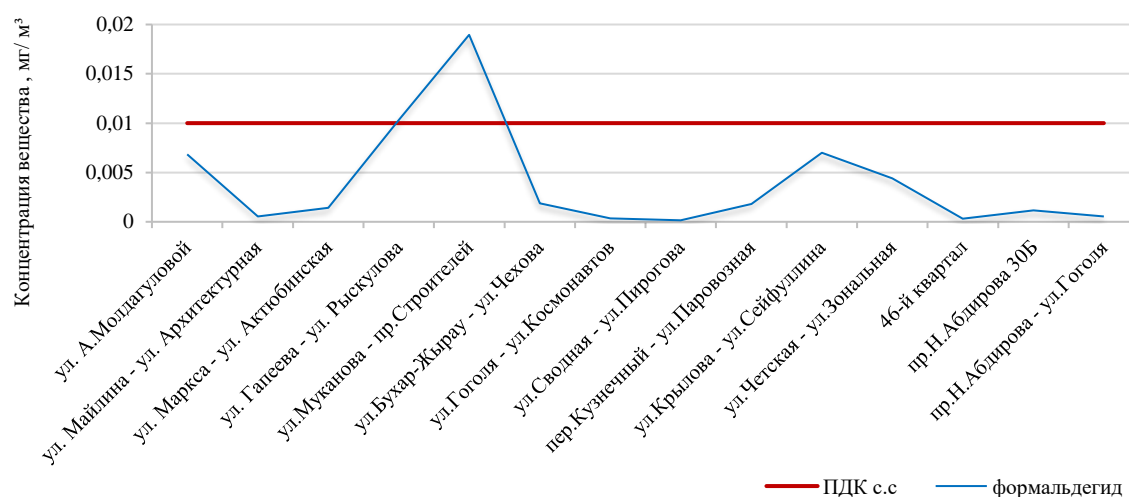


Рисунок 3.50 - Среднесуточное содержание формальдегида в воздухе в сентябре

Наиболее распространенными загрязняющими веществами города, поступающими в атмосферный воздух от техногенных источников, являются оксид углерода, оксиды серы, оксиды азота, углеводороды, пыль. Для получения сезонной динамики состояния атмосферного воздуха в городе были проведены замеры содержания химических веществ в разные периоды года.

Максимально-разовое содержание загрязняющих примесей в воздухе г.Караганды в сентябре представлено на рисунках 3.51 – 3.60.

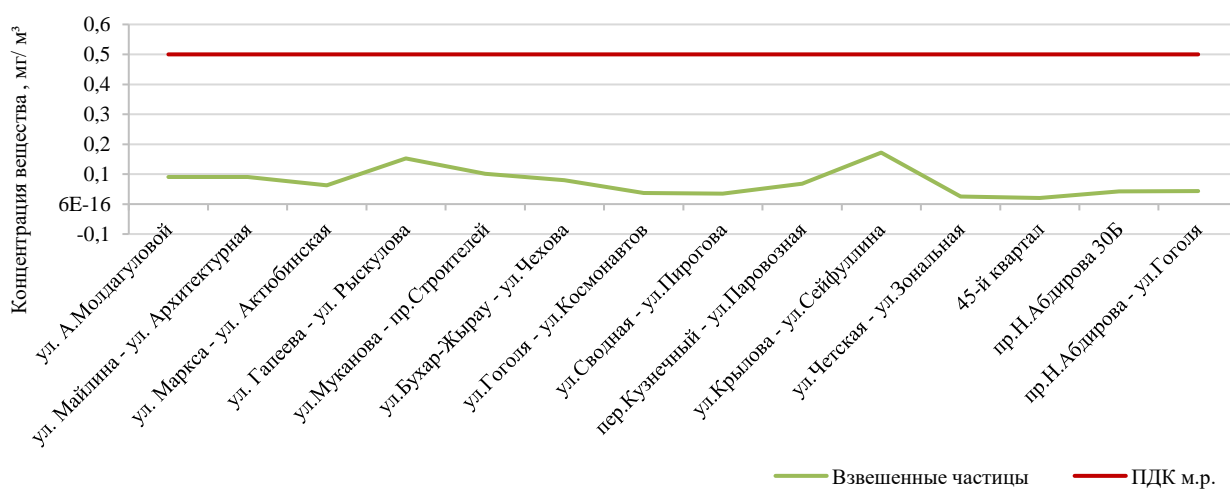


Рисунок 3.51 - Максимально-разовое содержание взвешенных частиц в воздухе в сентябре

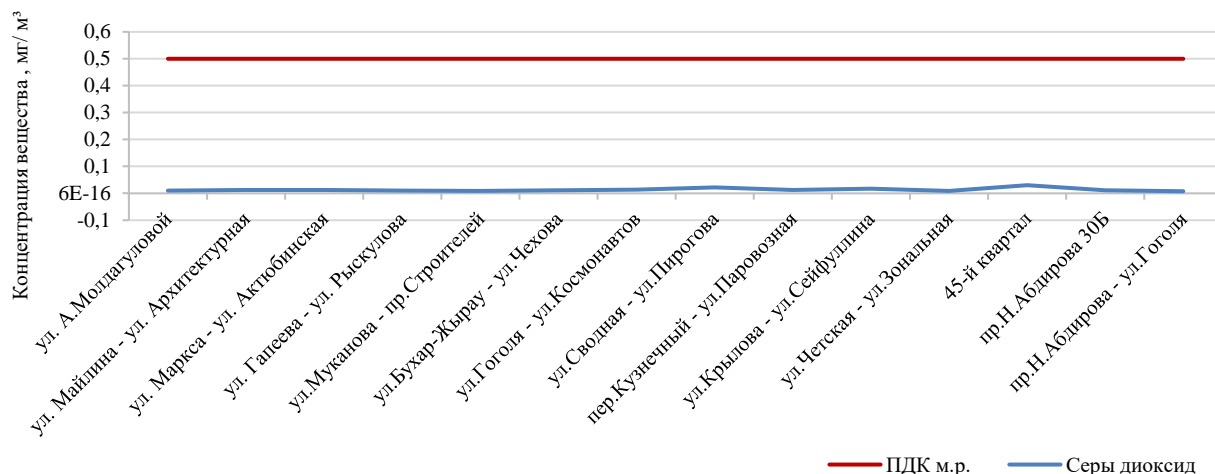


Рисунок 3.52 - Максимально-разовое содержание оксидов серы в воздухе в сентябре

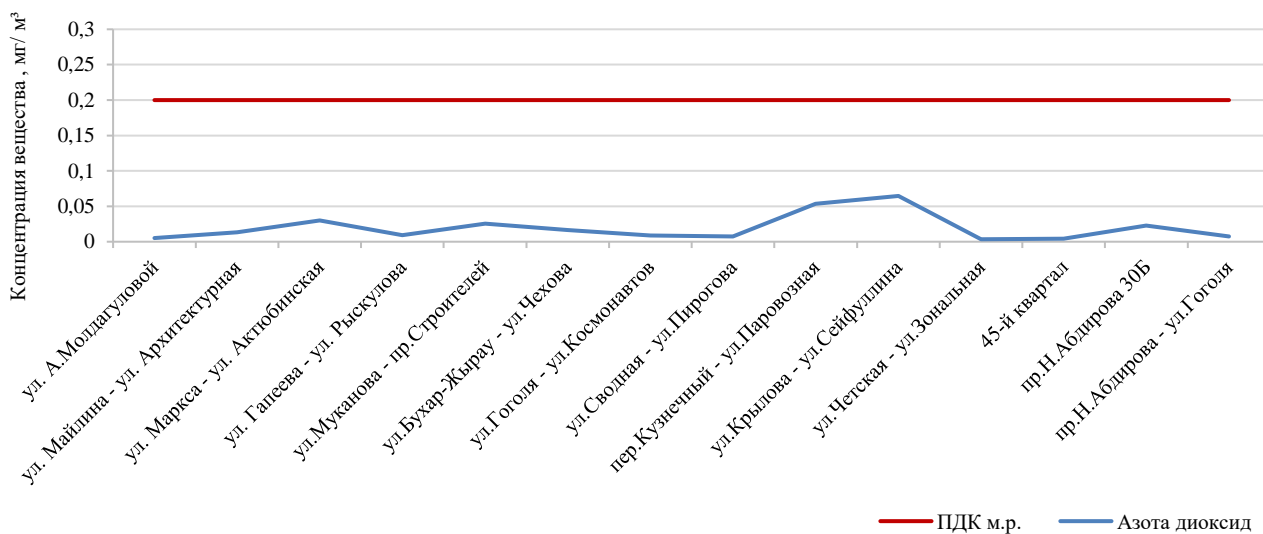


Рисунок 3.53 - Максимально-разовое содержание оксидов азота в воздухе в сентябре

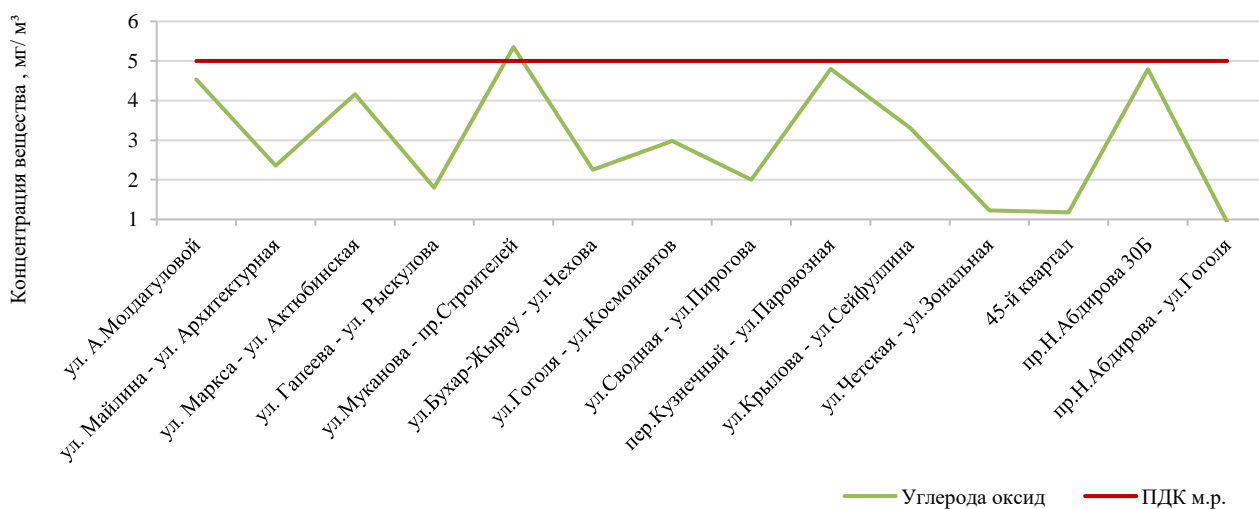


Рисунок 3.54 - Максимально-разовое содержание углерода оксида в воздухе в сентябре

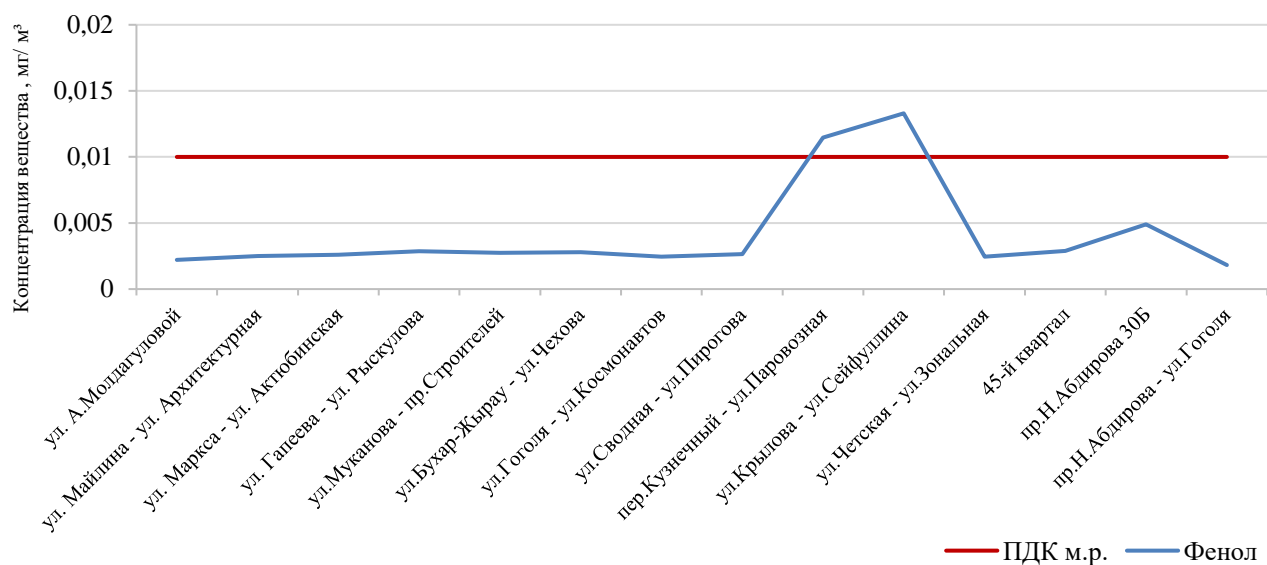


Рисунок 3.55 - Максимально-разовое содержание фенола в воздухе в сентябре

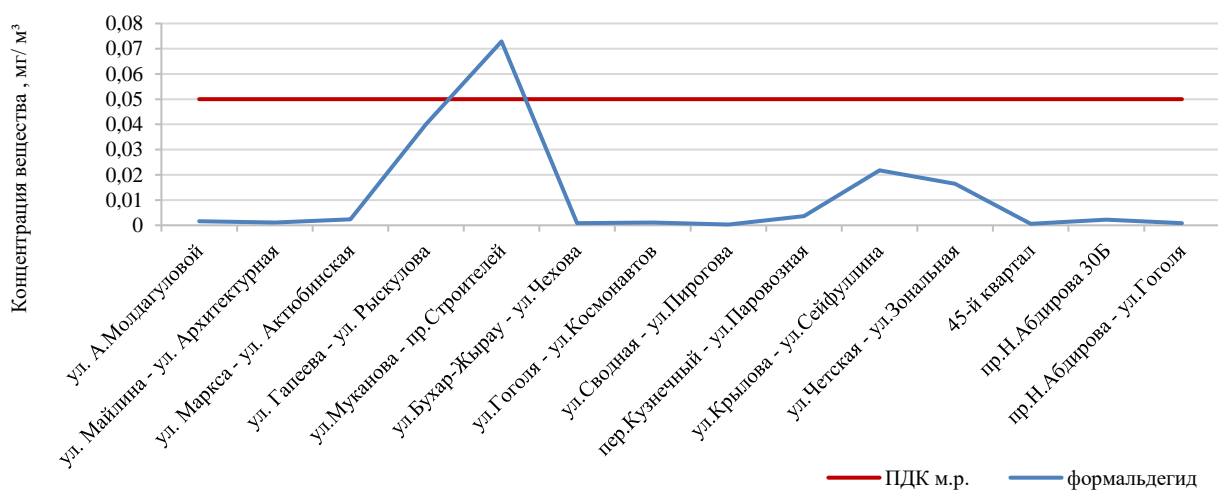


Рисунок 3.56 - Максимально-разовое содержание формальдегида в воздухе в сентябре

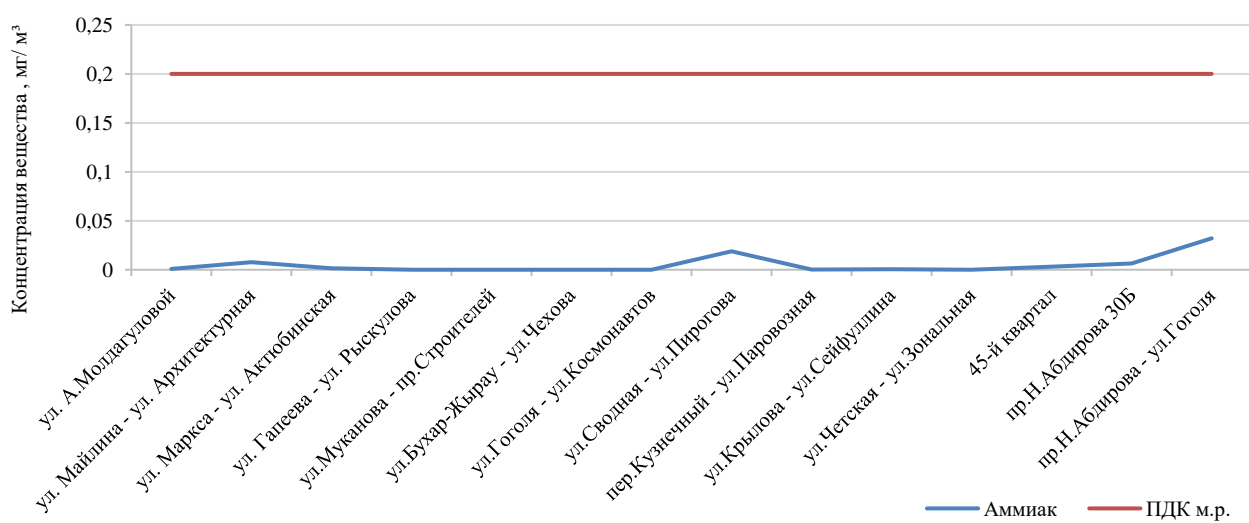


Рисунок 3.57 - Максимально-разовое содержание аммиака в воздухе в сентябре

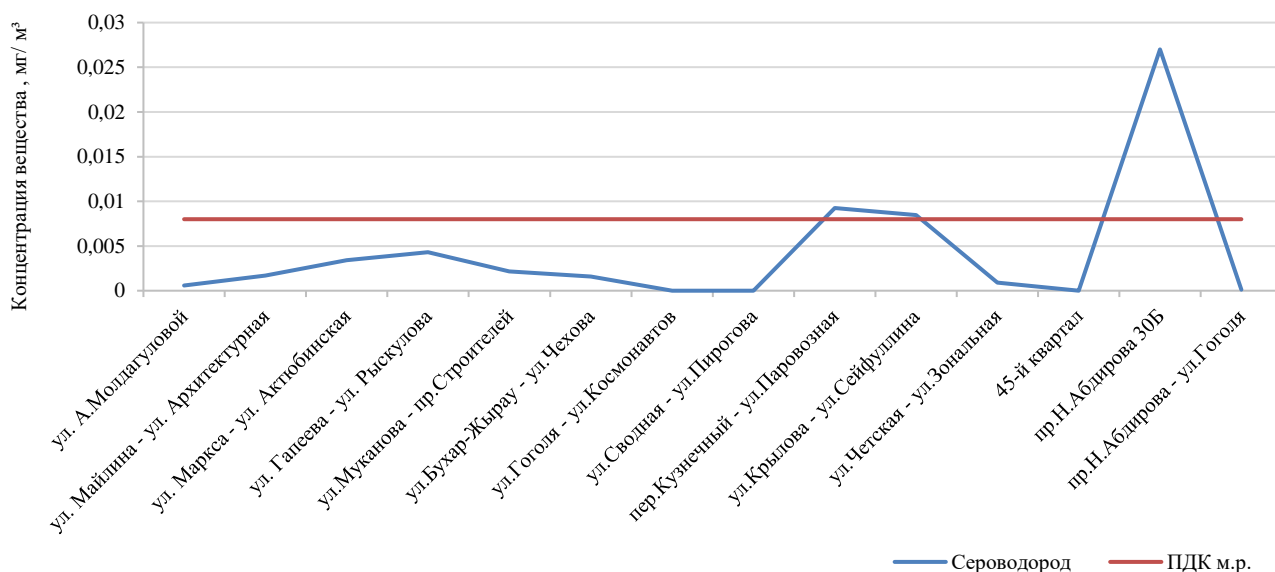


Рисунок 3.58 - Максимально-разовое содержание сероводорода в воздухе в сентябре

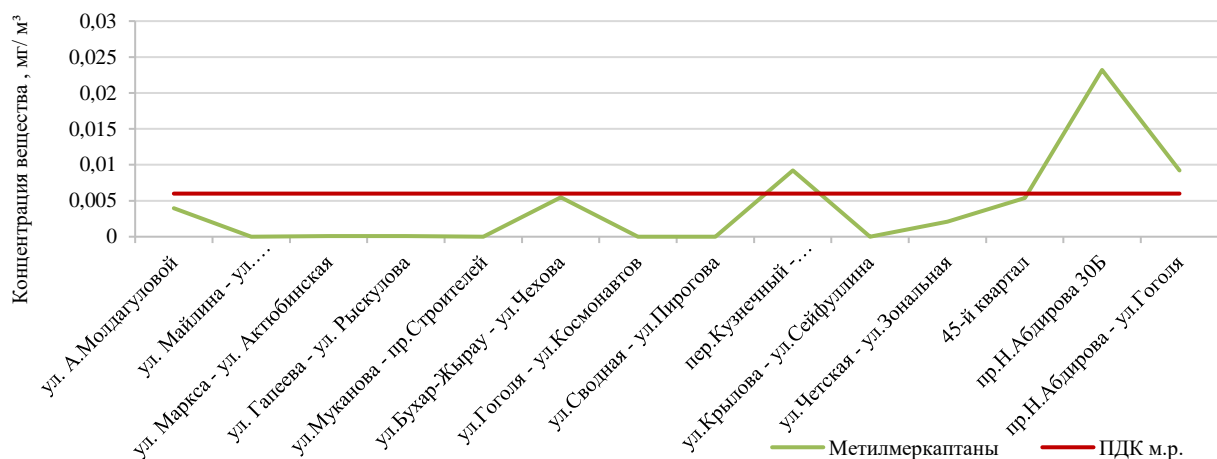


Рисунок 3.59 - Максимально-разовое содержание метилмеркаптанов в воздухе в сентябре

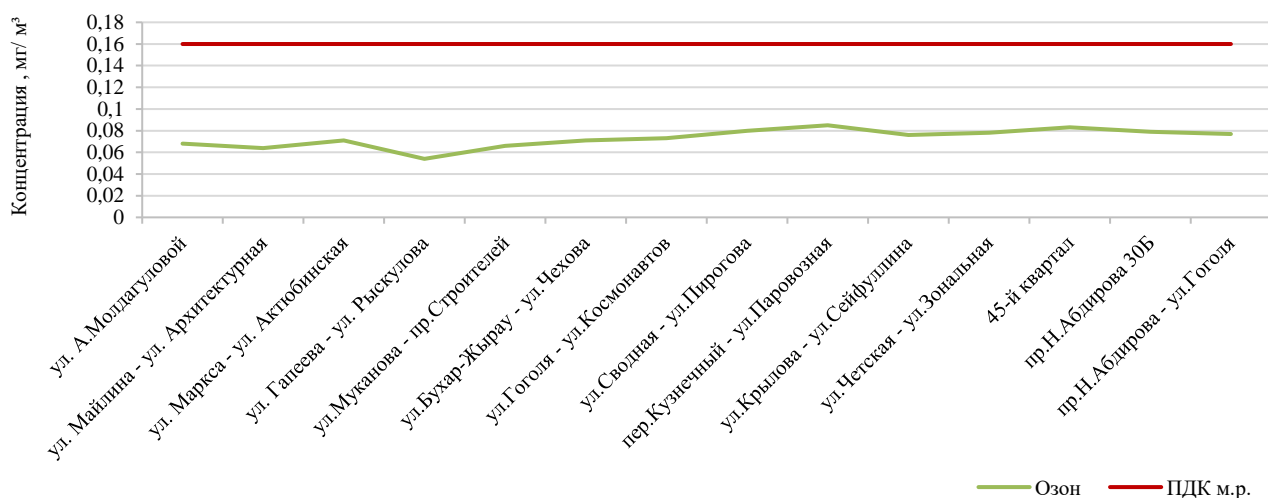


Рисунок 3.60 - Максимально-разовое содержание озона в воздухе в сентябре

Для оценки загрязнения земель анализировались пробы почвы на содержание металлов на глубине 0-5 см и 5-20 см (под деревьями, на свободных от асфальта участках промзон). Всего отобрано 40 проб в 20 участках города, испытывающих различную техногенную нагрузку и относящихся к разным функциональным зонам (рис. 3.61). Отобранные пробы почв анализировались методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии на приборе «Спектроскан Макс GF» на содержание тяжелых металлов. Для оценки содержания загрязняющих веществ непосредственно от промышленных предприятий были взяты мониторинговые данные этих объектов.



Рисунок 3.61 – Схема отбора проб почвы в г. Караганде (рисунок автора)

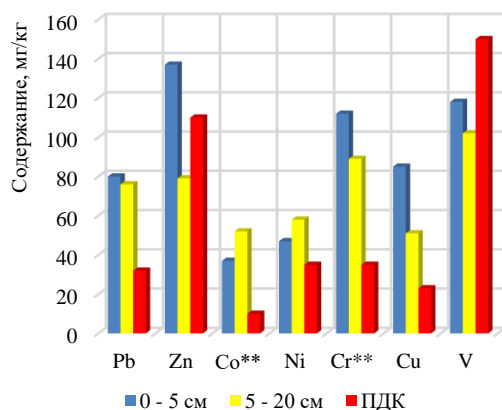
Результаты анализа проб приведены в таблице 3.14. Аналитическая характеристика приводится по наиболее показательным точкам.

Таблица 3.14 Содержание химических элементов в почвах г. Караганды, мг/кг (составлена автором)

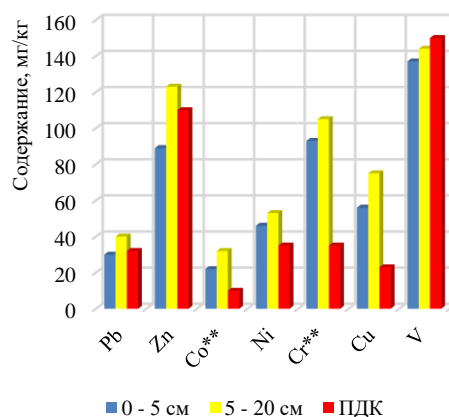
Место отбора пробы	Глубина, см	Co	Ni	Cu	Zn	Pb	Cr	V	Mn
	ПДК	10**	35	23	110	32	35**	150	1500
Промышленные районы города									
Участок пром.зоны (т. 1)	0-5	20	47	85	137	80	112	118	1079
	5-20	21	58	51	79	76	89	102	1240
Участок пром.зоны 2 (т.2)	0-5	37	67	153	288	48	80	110	1780
	5-20	52	84	74	131	<30	87	125	2229
Селитебные территории									
Вблизи промрайона) (т.3)	0-5	22	46	56	89	<30	93	137	986
	5-20	32	53	75	123	40	105	144	1270
Вблизи водохранилища (т.6)	0-5	<10	35	40	60	<30	69	69	831
	5-20	12	24	34	44	<30	66	80	699
В старой части города (т.13)	0-5	15	53	149	263	<30	70	45	1106
	5-20	10	76	152	265	50	95	89	1222
Спортивный стадион в городе (т. 16)	0-5	14	36	76	128	<30	100	74	853
	5-20	<10	39	75	133	95	74	73	781
Парковые территории									
Парк Победы (т. 17)	0-5	12	60	93	170	40	87	110	1146
	5-20	14	25	41	62	<30	69	83	616
Центральный парк (т.19)	0-5	12	18	38	51	45	63	48	419
	5-20	<10	30	69	118	43	71	69	715
Больничный городок (т.20)	0-5	<10	21	51	78	35	72	85	628
	5-20	<10	14	28	33	<30	35	79	436

Примечание: курсивом выделены точки, где имеет место превышение ПДК; ** - с учетом фона изучаемой территории принимается значение 10 мг/кг для кобальта, 35 мг/кг для хрома

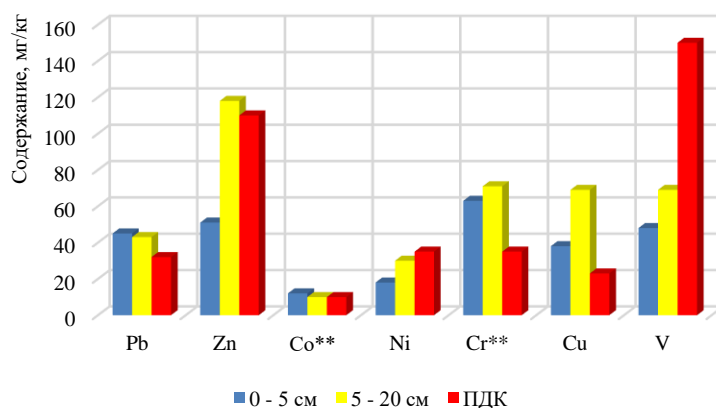
Превышение содержания санитарных нормативов (РНД 03.1.0.3.01-96, Приказ № ҚР ДСМ-32, 2021) в почве: меди составляет 1,2...7,0 ПДК, никеля – 1...4 ПДК, цинка – 1...2,7 ПДК, свинца – 1...2,9 ПДК, марганца – 1...2,9 ПДК (рис. 3.62). СПЗ почв в городе по результатам исследований на содержание химических элементов входит в предел до 16 в парковой и селитебной территориях, что соответствует допустимому (относительно удовлетворительному) экологическому состоянию окружающей среды. Значение СПЗ возрастает до 30 в промышленном районе города, что соответствует опасному состоянию. Показатель загрязнения экзогенными химическими веществами по всем анализируемым элементам находится в пределах 10 – 18 и соответствует переходу от относительно безопасного к опасному санитарному состоянию урбанизированной территории.



а)



б)



в)

Примечание: ** - с учетом фона изучаемой территории принимается значение 10 мг/кг для кобальта, 35 мг/кг для хрома

Рисунок 3.62 – Содержание элементов в верхнем и нижнем слоях почвы в г. Караганда: а) промышленная зона, б) селитебная территория, в) рекреационная парковая территория

Несмотря на геологические особенности территорий, определяющие повышенное содержания в почве меди и цинка, наблюдается техногенное загрязнение тяжелыми металлами, связанное с деятельностью промышленных предприятий города, в выбросах которых содержатся диоксид кремния, цинк, свинец, марганец, никель.

По меди, никелю, цинку, свинцу наблюдаются превышения, эти же вещества характерны и для промышленных предприятий. Незначительные и редкие превышения – по марганцу. Превышение содержания меди составляет 1,22...7,09 ПДК в 100 % проб, никеля – 1,03...4 ПДК в 60% проб, цинка – 1,07...2,71 ПДК в 42,5% проб, свинца – 1,09...2,97 ПДК в 37,5 % проб, марганца – 1,11...2,93 ПДК в 12,5 % проб. В таком состоянии почвы относятся к категории «сильно загрязненные», так как кратность превышения ПДК составляет 1...10 (Орлов и др., 1994). Превышение содержания меди в почвах относится к геологическим особенностям. То же самое можно сказать относительно цинка и свинца, ресурсы которых в Карагандинской области оцениваются в 23 и 21 млн. т соответственно (Серых и др., 2009).

Однако нельзя исключать и техногенный характер загрязнения почв тяжелыми металлами, так как выявленные превышения их содержания локализованы в районах города, где сосредоточены крупные промышленные предприятия: ТЭЦ-3, ТЭЦ-1, КМЗ, завод металлоконструкций, завод металлоизделий, литейный завод. Известно, что выбросы таких предприятий содержат диоксид кремния, цинк, свинец, марганец, никель. Кроме того, загрязняющие вещества могут рассеиваться от близлежащих городов – спутников и рядом находящимися с ними предприятий горнодобывающей и металлургической промышленности, а также от действующих участков по добыче полезных ископаемых в зависимости от розы ветров. Карты рассеивания загрязняющих веществ отражают картину загрязнения (рис.3.63 – 3.65).

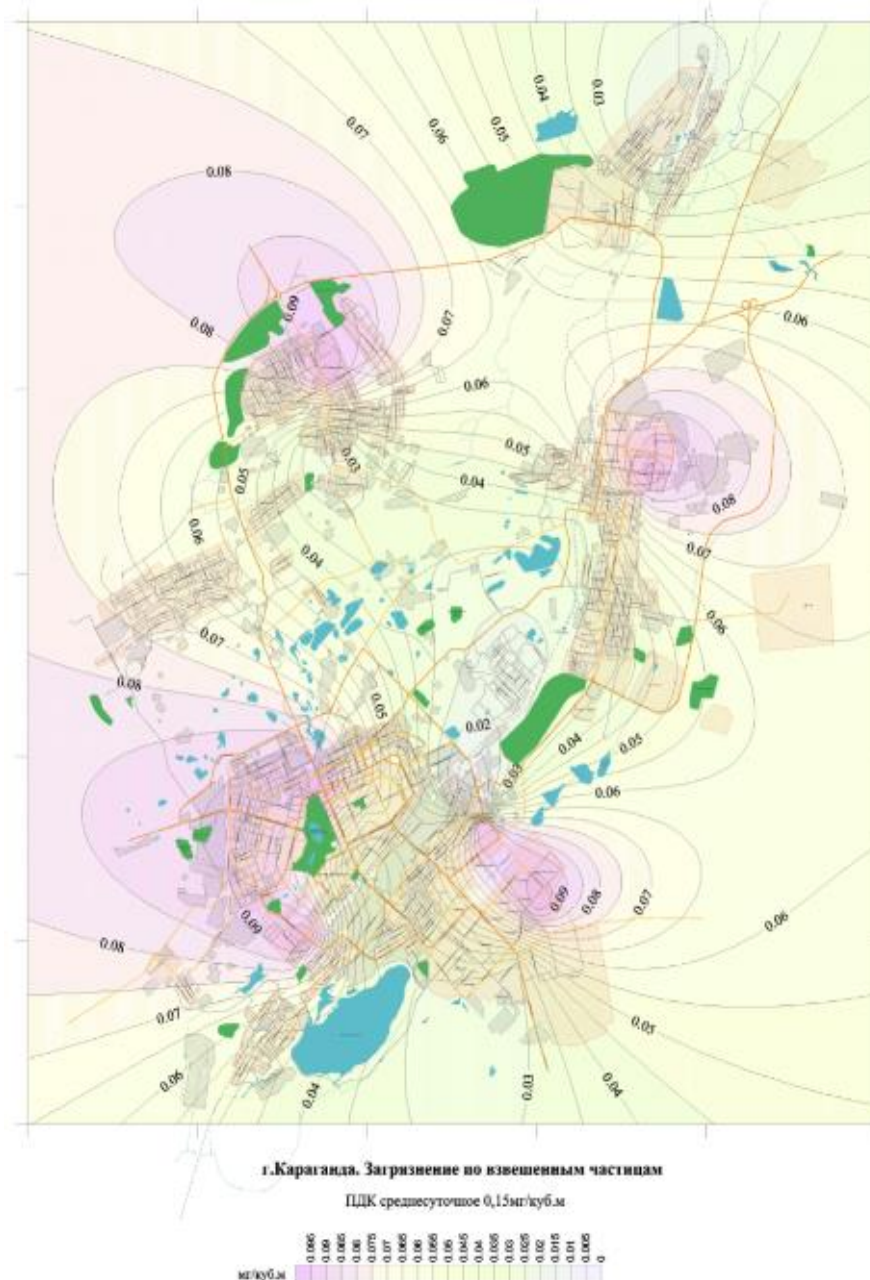


Рисунок 3.63 - Загрязнение взвешенными веществами (рисунок автора)

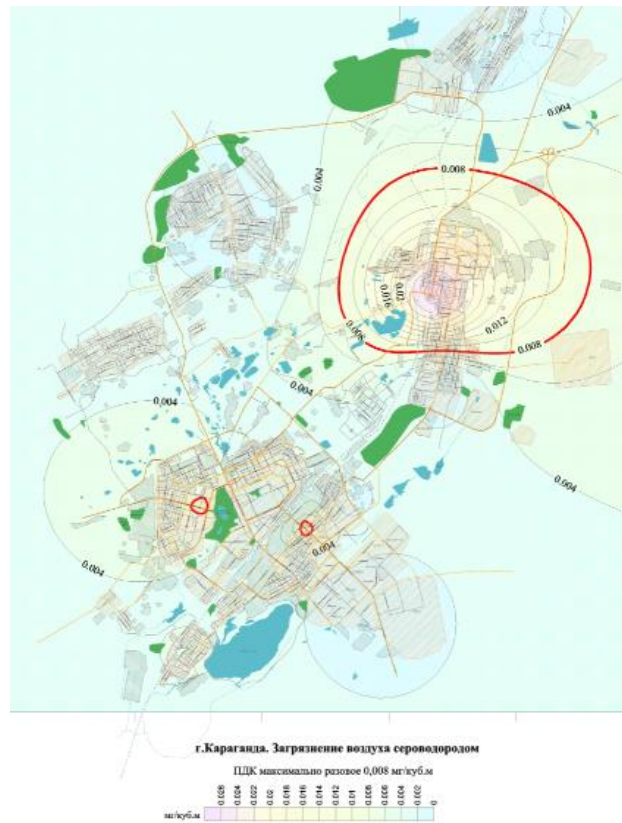


Рисунок 3.64 - Загрязнение воздуха сероводородом (рисунок автора)

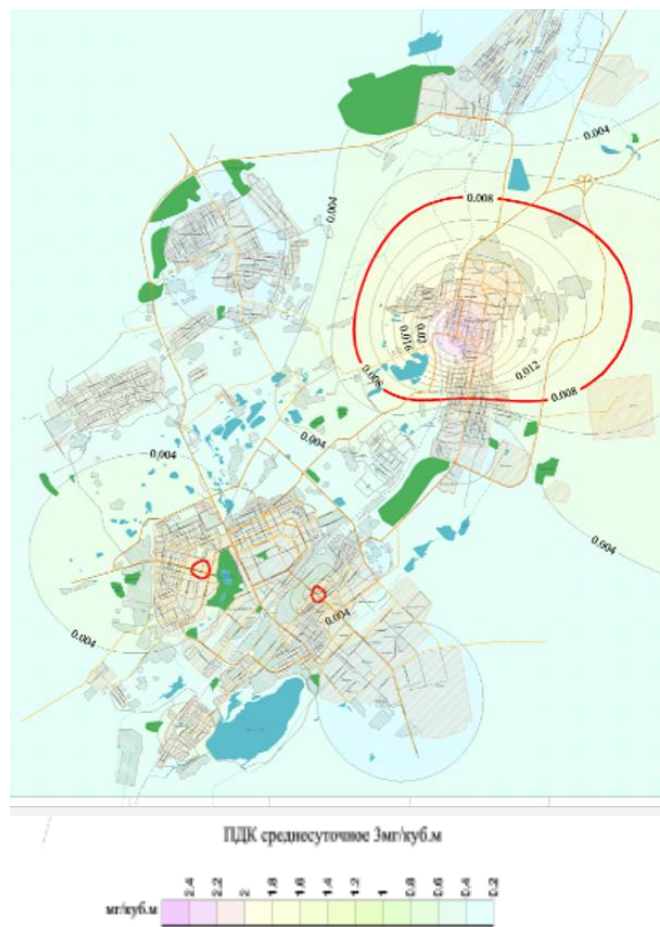


Рисунок 3.65 - Загрязнение воздуха оксидом углерода (рисунок автора)

Согласно классификации, сформированной по признакам воздействия на состояние окружающей среды и здоровья населения, выделяются следующие факторы по:

- происхождению: механические, физические, химические, биологические, ландшафтные;
- стойкости: временные обратимые изменения, относительно необратимые, абсолютно необратимые изменения (например, добыча);
- способности аккумуляции: не аккумулирующиеся, кратковременно, непрерывно и неопределенно аккумулирующиеся (при изъятии полезных ископаемых) (Алексеев, 2000).

Важный фактор, который необходимо предусмотреть для промышленных территорий проведение скрининга ее состояния до проведения оценки воздействия на окружающую среду проектируемого производства. Как правило, это необходимо проводить при существенном воздействии на геосистемы. Таким образом, скрининг необходимо проводить при планировании разведки, добычи и переработки минерального сырья, так как эти процессы подразумевают значительное увеличение площади нарушаемых земель, вывод их из сельскохозяйственного оборота.

Кроме того, должны соблюдаться следующие принципы оценки воздействия на окружающую среду (Экологический кодекс РК, 2021г.):

- проектирование объекта проводится на весь период его деятельности с учетом развития экономики, потребностей населения;
- с учетом различных сценариев развития региона (комплексности), включая технологии, инновации и геоэкологические условия территории;
- совместности: коэволюция проектируемой деятельности и состояния окружающей среды.

При осуществлении проектирования ключевым является принятие во внимание недопущение прямых и косвенных отрицательных воздействий в пространстве и во времени.

Показатели качества среды обитания (целевые показатели (ЦП)) представляют собой индикаторы – референтные параметры, содержащие сведения о состоянии урбогеосистемы, а также возможные изменения в ней. Данные параметры дают оценку состояния территории и переход к прогнозу улучшения экологической обстановки. Их задача заключается в регулировании предельного уровня нормируемых параметров окружающей среды на определенный период времени с учетом постепенного улучшения ее качества. Для промышленных, селитебных, особо охраняемых природных территорий, рекреационных зон, пустынных и полупустынных районов, водных объектов и других территорий устанавливаются отдельные целевые показатели. Этапами установления ЦП являются: первоначально определяется цель по улучшению состояния компонентов окружающей среды и определяется способ ее достижения; далее проводится анализ, подбор и метод определения индикаторов; затем разрабатывается методология обоснования индикаторов; осуществляется оценка среды обитания. ЦП должны обладать свойствами

измеримости и достижимости, устанавливать причины и следствия воздействия, учитывать специфику региона. Для их достижения необходимо выполнение мероприятий в различных отраслях жизнедеятельности территории. При установлении ЦП для Караганды:

- проведен анализ статистических данных региона: экологическое, экономическое, социальное и демографическое состояние;

- выбраны референтные показатели исследования, проведены замеры и проанализировано состояние компонентов среды, в том числе физических факторов.

При определении показателей качества окружающей среды промышленного региона важно выявить не только нарушения и последствия воздействия горнодобывающей промышленности на окружающую среду, но и найти способы снижения негативного воздействия до допустимых параметров на уровне фона (или ПДК). Так, очистка почв не будет эффективной, если не снизить поступление веществ от источников их образования (промышленных объектов города и городов - спутников). Снижение загрязнения устанавливается поэтапно с учетом экологической ситуации рассматриваемой территории, изменения производства, транспортной инфраструктуры и городской планировки. Для этого необходима разработка и внедрение ресурсосберегающего оборудования, НДТ с целью снижения объемов образования и размещения отходов.

Одним из направлений комплексного подхода является планирование развития территорий с учетом направления господствующих ветров, рельефа местности, гидрогеологической характеристики относительно действующих и проектируемых предприятий. Условия и направление использования земельных ресурсов напрямую зависят от состояния плодородия, которое формируется под воздействием геоэкологических особенностей региона.

Строительство и расширение промышленных урбанизированных территорий должно проводиться с учетом обоснования территориального планирования, проектирования и организации рационального природопользования, размещения производительных сил в горнодобывающих районах на перспективу.

Главной целью развития территории является ее устойчивое развитие обеспечивающее создание благоприятной среды обитания. При озеленении промышленных территорий целесообразно использовать насаждения из древесно-кустарниковых пород, обладающих устойчивостью к химическим загрязнениям, пылеулавливающими свойствами, а также соответствовать по выживаемости природно-климатическим характеристикам местности. Целесообразно предусматривать ветрозащитные насаждения со стороны преобладающих ветров, в результате чего создается замкнутая система зеленой зоны. По озеленению СЗЗ можно выделить следующие принципы:

- под зеленые насаждения СЗЗ следует отводить 60-70% территории;
- насаждения следует располагать с таким расчетом, чтобы обеспечить чередование открытых и закрытых пространств.

Возникающие при этом горизонтальные и вертикальные потоки воздуха способствуют проветриванию территории, не рекомендуется создавать защищенные посадки и очень крупные массивы плотной структуры. В санитарно-защитных полосах высоту главной породы в среднем возрасте следует принимать 10-12 м. Ширина межполосного пространства должна составлять 40-70 м, что обеспечит хорошее проветривание межполосного пространства и предотвратит застой загрязненного воздуха. Кустарники высаживаются ландшафтными группами. Зеленым щитом от химического загрязнения могут стать тополь, вяз, сирень, шиповник и акация.

При наличии на территории поверхностных вод предусматриваются водоохранные зоны (ВЗ) и полосы (ВП) (ТУ, 2011; Правила, 2004). Создание ВЗ является частью природоохранных мероприятий улучшения качества водоемов и их береговых зон. В территорию ВЗ входят водоохранные полосы, шириной не менее 35 м. Особенно важно учитывать водоохранные зоны и полосы для горнодобывающих предприятий, вследствие отчуждения ими значительных территорий, а также распространения влияния на более значительные расстояния, чем отведенные им СЗЗ.

Таким образом, анализ состояния урбанизированной территории показал, что состояние почв относительно удовлетворительное в парковой и жилой зонах, а в промышленных районах - опасное. В связи с этим для достижения удовлетворительного состояния качества территорий необходима разработка мероприятий по их реабилитации.

4 ОПТИМАЛЬНЫЕ ПУТИ РЕАБИЛИТАЦИИ ГЕОСИСТЕМ, НАРУШЕННЫХ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ В КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ

4.1 Антропогенно-модифицированные ландшафты как способы реабилитации нарушенных земель

Реабилитационные работы возвращают нарушенные территории в использование их в растениеводстве, животноводстве, рекреации и прочее. Начальным этапом реабилитации является рекультивация различных направлений, подходящих для восстанавливаемой территории. В ходе рекультивации проводятся работы по формированию плодородия для использования в сельском хозяйстве. При вероятности дальнейшей отработки месторождений после длительного перерыва проводится консервация, представляющая собой закрытие нарушенных поверхностей механическим способом в виде нанесения пленки, щебня, отсева. Кроме того, консервация может быть проведена за счет посева неприхотливых растений. Жизненный цикл нарушенных территорий состоит из их формирования и постиндустриального существования. На трансформацию ландшафтов влияют геоэкологические условия региона, которые оказывают воздействие на формирование плодородия, травостоя и др. Восстановленные участки нуждаются в постоянном мониторинге за их состоянием, с целью прогноза развития, внесения изменений в их формирование (Водолеев, 2018).

В исследования техногенно-нарушенных территорий входит изучение воздействия производственной деятельности на геосистемы, а также влияния природных условий на промышленность с целью оптимизации взаимодействия производственных и природных систем. Влияние природных условий территорий сказывается:

- а) на изменении конструктивных решений планировочных схем, технологии производственных процессов;
- б) на материалоемкость, трудоемкость для преодоления и компенсации неблагоприятного влияния природных факторов;
- в) в ограничениях для функционирования по времени, территории и объемам потребляемых естественных ресурсов.

Величина воздействия зависит не только от особенностей природных факторов, но также и от условий производства, определяемых их конструктивными, технологическими особенностями и свойствами.

С целью определения возможности реабилитации рассматриваемой территории и выбора природовосстановительных мероприятий, важно произвести оценку её существующего состояния, основной целью которой является изучение природных и природно-антропогенных ландшафтов и оценка степени их благоприятности или неблагоприятности (Авессаломова, 1992; РНД 03.7.0.6.06-96). При таком подходе главной задачей становится исследование связей в геосистемах «субъект – объектных». При выборе эталонов,

характеризующих экологическое состояние ландшафтов в естественных условиях, выделяются 3 группы задач:

- репрезентативных фоновых ландшафтов;
- эталонных ландшафтных катен;
- информативных показателей состояния биосистем.

При техногенных нагрузках в ландшафтах происходит изменение структурно-функциональных отношений, сложившихся в процессе их эволюционного развития. Такие воздействия целенаправленно изменяют структуру ландшафта, что вызывает цепную реакцию различных процессов и преобразований, сопровождающихся нарушением экологических связей. Изменение первичной продуктивности – универсальный показатель трансформации вещественно-энергетических потоков и функционирования ландшафтов. В случае загрязнения геосистемы химическими элементами - ксенобиотиками, опасность состоит еще и в том, что может происходить образование более вредоносных веществ. Ландшафты рассматриваются как социально-эколого-экономическая геосистема, так как должны прослеживаться связи между ее составляющими, быть четко видны их изменения и последствия с целью прогнозирования дальнейшего состояния. Если происходят нарушения в составляющих геосистемы, то происходит сбой в их «работе» частично или полностью, что влечет за собой определенные потери и наносится ущерб в виде экономических издержек, таких как затраты на восстановление природной среды, а также сокращение продолжительности жизни людей.

Таким образом, ландшафт рассматривается как целостный организм, имеющий «сильные» и «слабые» стороны, к которым можно отнести местоположение, климатические условия, гидрогеологический режим, обводненность, залежи полезных ископаемых, растительность, животный мир. Поэтому все составляющие ландшафта необходимо учитывать при определении его экологической оценки, так как от этого зависит есть ли угроза проявления экологических последствий. Прежде чем приступить к определению способов восстановления нарушенного ландшафта необходимо провести его диагностику, то есть проанализировать текущее состояние рассматриваемого объекта по направлениям (почвы, гидрогеологического режима, климатических условий и др.).

4.2 Комплексные природоохранные мероприятия восстановления геосистем, нарушенных открытым способом добычи полезных ископаемых

Техногенное воздействие на состояние окружающей среды при добыче полезных ископаемых на геосистемы проявляется следующим образом:

а) изменение степной системы за счет распахивания земель для обустройства карьеров, строительства дорог, отвалов, производственных комплексов, вахтовых поселков, что приводит к замене природных систем карьерно-отвальными комплексами;

б) ускоренная эрозия и дефляция почв, связанные с механическими повреждениями растительного покрова и почвы;

в) загрязнение природной среды химическими элементами и сопровождающие его нарушения растительности, почв, животного мира в процессе деятельности горнодобывающей и перерабатывающей промышленности.

Деятельность производства по добыче полезных ископаемых начинается с периода геологоразведки, которая также вносит свой отрицательный вклад в состояние геосистем промышленного региона. В процессе проведения горных работ должно предусматриваться комплексное геоэкологическое оценивание месторождений, рациональное и комплексное недропользование; сохранение свойств энергетического состояния верхних частей недр на уровне, предотвращающем появление техногенных процессов; защита недр от обводнения и других стихийных факторов; предотвращение загрязнения подземных водных источников вследствие перетоков воды в процессе бурения, освоения и последующей эксплуатации скважин; высокоточный мониторинг ресурсов и попутных компонентов (например, уголь – газ метан); надежная изоляция в пробуренных скважинах водоносных горизонтов по всему вскрытому разрезу (Ливчак, 1988, 2001).

Воздействие при ведении горных работ менее значительно на воздушный бассейн и водные ресурсы, наиболее высокое на земельные ресурсы (рельеф, почвы, растительный и животный мир). Под действием техногенных факторов образуются техногеосистемы, модифицированные в соответствии с технологическими особенностями промышленности.

Существуют следующие виды горных промышленных ландшафтов: горнодобывающие и горно-перерабатывающие. В процессе их создания и функционирования, в зависимости от видов производств соответственно меняется морфологическая структура и пространственная организация исходных природных и природно-хозяйственных ландшафтов. Наиболее глубокие и масштабные изменения в природной среде и облике территорий проявляются в промышленных ландшафтах присваивающего типа (Казаков, 2016), например, с карьерно-отвальными геокомплексами горнодобывающих производств, где коренным образом меняется морфолитогенная основа ландшафта и связанные с ней его свойства. Географическое положение Карагандинской области определяет высокую ветровую активность и слабую растительность, что способствует ветровой эрозии почв, пылению и распространению загрязнителей на большие расстояния. Усугубляют положение существующие геохимический фон и открытый способ добычи. Помимо эстетического преобразования рельефа, наблюдается загрязнение почв привносимыми химическими элементами и формирование техногенных ландшафтов с карьерно-отвальными геокомплексами горнодобывающих производств (рис.4.1).



Рисунок 4.1 - Техногенные ландшафты Карагандинской области (фото автора) а) отвал вскрышной породы; б) хвостохранилище фабрики обогащения медной руды; в) территория возле хвостохранилища

При определении нарушений очень важное значение имеют показатели механического состава, влажности почв, содержание в них водопрочных агрегатов и тонкодисперсного материала. При прочих равных условиях устойчивость почв к техногенным нарушениям возрастает от почв пустынь к степным и от почв легкого механического состава к глинистым и тяжелосуглинистым. При формировании дорожной сети на первоначальном этапе происходит слабое нарушение только поверхностных горизонтов, выражающееся в их незначительном уплотнении. Серьезных изменений в физико-химических свойствах не наблюдается. При усилении нагрузок в сухом состоянии в верхних гумусовых горизонтах может полностью разрушаться структура почвенных агрегатов, почвенная масса приобретает раздельно-частичное пылеватое сложение. Уплотнение почвы перемещается в подпочвенные горизонты. Почвенная масса в разрыхленном состоянии легко подвержена процессам дефляции и водной эрозии, которые сопровождаются снижением продуктивности и деградацией почв. Выносимые продукты (пыль, легкорастворимые соли, карбонаты) осаждаются на прилегающих территориях и загрязняют их.

При механических нарушениях почв (разрушение поверхностных слоев и уничтожение растительности) в результате активной ветровой деятельности происходит вынос тонкодисперсных частиц и мелкокристаллических солей, которые в дальнейшем осаждаются, ведут к деградации почв на сопредельных территориях и вызывают их вторичное засоление. При проведении земляных работ загрязнение почвенно-растительного слоя, поверхностных и подземных вод происходит, главным образом, вследствие выноса мелкодисперсных грунтовых частиц, смыва с поверхности территории строительства. Одним из факторов, от которых зависит степень воздействия на почвы того или иного вида производимых работ, является устойчивость почв к техногенному воздействию.

Оценка устойчивости почв проводится на основе изученных их генетических свойств с целью прогнозирования степени изменения в результате осуществления работ по проекту и разработке рекомендаций по минимизации техногенного воздействия и рекультивации нарушенных территорий. Основными критериями оценки деградации почвы в зависимости от ее типа являются:

- перекрытость поверхности абиотическими наносами;

- степень и глубина нарушения земельных ресурсов (провалы, траншеи, карьеры и пр.);
- увеличение плотности почвы;
- опесчаненность верхнего горизонта почвы;
- уменьшение мощности генетических горизонтов;
- уменьшение содержания гумуса и основных элементов питания растений;
- степень развития эрозионных процессов и соотношение эродированных почв;
- степень разрушения дерновины;
- увеличение содержания водорастворимых солей;
- изменение состава обменных оснований;
- изменение уровня грунтовых вод;
- превышение ПДК загрязняющих веществ в земельных ресурсах.

Показателями устойчивости почв к физическим факторам воздействия (РД 39-0147098-015-90) являются: дефлированность почв; наличие линейных форм эрозии; потенциальная опасность плоскостного смыва; степень развитости почвенного профиля; сложение почв; структура почв; механический состав; содержание гумуса; показатель рН; емкость поглощения; покрытие растительностью; интенсивность биологического круговорота.

От рельефа территории месторождения зависит ход процессов нарушений (эрозия) и восстановления. Исходя из учета особенностей основных компонентов геосистем с учетом погодных условий, времен года схема проведения восстановительных работ, следующая:

- с глинистыми, тяжело- и среднесуглинистыми нормальными солонцеватыми и солончаковатыми зональными почвами, а также солонцами, земельные работы проводятся практически в любое время года (кроме зимы);
- с легким субстратом, а также на гидроморфных и полугидроморфных почвах неблагоприятным временем проведения работ является весна;
- для обыкновенных солончаков неблагоприятными для проведения работ являются влажные периоды года.

Территории ведения горных работ, на которых расположены рассматриваемые месторождения полезных ископаемых до их отработки относились к землям сельскохозяйственного назначения со сравнительно малой интенсивностью землепользования (преимущественно скотоводство). При определении остроты экологических проблем с соблюдением приоритетности последствий изменения природы для условий проживания и здоровья населения, учитывая дальность расположения месторождений от селитебной территории воздействие можно охарактеризовать как слабое, граничащее со средним (Кочуров, 1999, 2018). Первоначально, для природных ресурсов последствия определяются как средние, но граничащие с сильными (особенно у золоторудного месторождения), а для ландшафтов - как сильные. Степень остроты проблемы определяется как острая, но граничащая с кризисной. Причинами этого являются сильное нарушение ландшафтов, изъятие значительных территорий земной поверхности, изменение условий существования

животных. Результаты техногенной деятельности на месторождениях были бы менее негативными в случае отработки месторождений шахтным способом. Открытый способ добычи полезных ископаемых делает геосистему более уязвимой и склонной к отрицательным изменениям.

По времени возникновения – это современные и унаследованные проблемы, возникающие практически одновременно с воздействием и продолжающиеся через определенные интервалы времени (золоторудное месторождение). Шубаркольское угольное месторождение разрабатывается непрерывно (рис.4.2).



Рисунок 4.2 – Шубаркольский угольный разрез (фото автора)

Форма проявления последствий на месторождениях – площадная; последствия антропоэкологические, природно-ресурсные, ландшафтно-генетические и экономические. По поиску решения – это трудно решаемые проблемы, требующие организационных, экономических, технических, правовых способов решений.

Геоэкологические проблемы Карагандинской области обусловлены также тем, что ландшафты обладают слабой способностью к самовосстановлению. Как уже отмечалось, территория области характеризуется резко-континентальным климатом со средней скоростью ветра 5-7 м/с, что с одной стороны, благоприятно для рассеивания загрязнений, но при этом способствуют выдуванию и эрозии почв.

На нарушенных территориях восстановление травостоя зависит от состава субстрата этой территории и геоэкологических условий района. Для естественного покрытия зеленой массой отработанных накопителей отходов требуется достаточно продолжительное время, иногда измеряемое десятилетиями (рис.4.3 а)). На накопителях, покрытых природным грунтом, находящихся в степной зоне зарастание происходит быстрее (рис. 4.3 б)), а в прогибах рельефа возможно образование водной среды, благоприятной для развития «зеленого» слоя (рис. 4.3 в)).

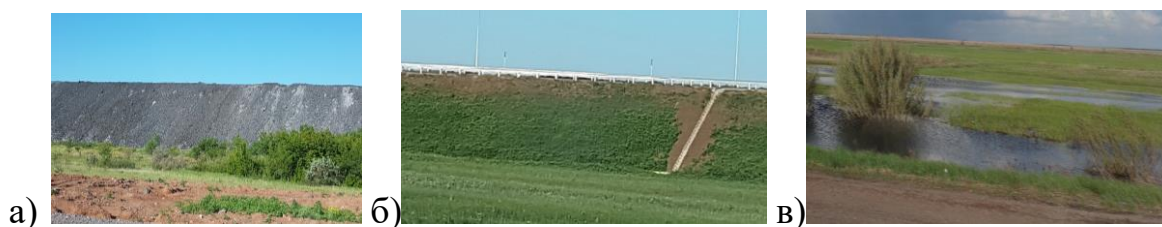


Рисунок 4.3 - Растительный покров на нарушенных территориях (фото автора): а) накопитель, незарастающий десятилетия; б) самозарастание насыпи; в) обводнение прогибов местности в степи

В Карагандинской области ряд накопителей горнодобывающих предприятий также находится вблизи городов. При обследовании территории города было выявлено высокое содержание пыли, характерное для накопителей промышленных отходов. Решение проблемы заключается в том, что при строительстве новых добывающих и обогатительных производств, а также создании новых и реконструкции действующих породных отвалов, хвостохранилищ требуется внедрение процессов, обеспечивающих использование некондиционных руд, угля и прочее (Зотеев и др., 2004). Примеры вторичной переработки отходов и извлечения из них ценных компонентов путем кучного выщелачивания методом цианирования имеется в Карагандинской области: отвалы медного рудника в Балхашском районе, извлечение золота методом кучного выщелачивания из отвалов Актогайского района.

Одним из способов снижения негативного воздействия отвалов на компоненты окружающей среды является использование вскрышных пород для начального этапа технической рекультивации, т.к. вскрышная порода не утрачивает своих качеств и не относится к отходам. Это сокращает площади отчуждаемых земель под внешние отвалы, снижает выбросы в атмосферу, т.к. перемещение горных пород происходит внутри карьерного поля, не воздействует на поверхностные и грунтовые воды. Однако, проблема заключается в малом объеме грунта для отсыпки отработанного пространства. Следовательно, для восстановления нарушенных территорий необходим комплексный подход решения вопроса с учетом геоэкологических, социальных, экономических особенностей региона (Банчева и Алексеева, 2017; Цешковская и др., 2017; Mikhailenko, Ruban, 2020; Михайленко, Рубан, 2022). В Казахстане имеет место наличие отработанного карьера, заполненного водой (размерами 4,1 км на 2,2 км). Вблизи водоема находится дачный массив, который использует воду для полива (https://ru.wikipedia.org/.../Фёдоровское_водохранилище).

Нарушенные поверхности месторождений угля специфичны при воздействии на ландшафты (рис.4.4). Угольная пыль является мелкодисперсной, легкоподнимаемой и переносимой воздушными потоками на большие расстояния, взрывоопасной, обладает свойством самовозгорания (Веселовский, 1972; Брагина, 2013).



Рисунок 4.4 - Добыча на угольном месторождении (фото автора)

Для группы нарушенных земель «отвалы внешние» по форме рельефа отнесенных к платообразным террасированным средневысоким и высоким при факторе, обуславливающим формирование рельефа отсыпка многоярусных отвалов при транспортных системах разработки полезных ископаемых с высотой относительно естественной поверхности 50 – 100 м и углом откоса до 45° возможна посадка многолетних зеленых насаждений; обустройство территорий природоохранного назначения на откосах, а также зон рекреации в том числе экотуризма. Отвалы при малом количестве осадков, глубоко залегании подземных вод целесообразно использовать под сенокосы, пастбища, лесонасаждения. Допустимо также под жилые застройки, однако это не целесообразно для Карагандинского региона учитывая отдаленность месторождений от населенных пунктов. Для выбора оптимального решения реабилитации участка угольного месторождения были:

- учтены геоэкологические аспекты района расположения месторождения;
- изучены различные направления восстановления земель после добычи полезных ископаемых открытым способом;
- выбраны эколого-экономически обоснованные методы восстановления на основе мирового опыта и особенностей территории с учетом совместного снижения ее экологической напряженности и восстановления геосистемных функций, а также повышения социально-экономических показателей региона.

Однако, в регионе происходит постоянное образование новых техногенных территорий, требующих проведения мероприятий по восстановлению их биосферных функций. При выборе оптимальных направлений реабилитации нарушенных территорий Карагандинского региона изучались следующие направления:

- засыпка отработанного пространства техногенным грунтом;
- для водохозяйственного направления рекультивации при допустимом содержании химических веществ – создание зоны рекреации по направлению рыбозаведения, места отдыха; либо для бальнеологических целей при соответствующем составе воды и нетоксичности грунтов;

- спортивно – оздоровительное, культурное, туристическое направление реабилитации (оборудованные места для скалолазания, горнолыжного спорта, катание на санках, горных велосипедах и пр. на отработанных выложенных отвалах; конный спорт на выровненных отработанных участках в степных массивах). При этом улучшаются биосферные функции и повышается социальная необходимость региона.

Для эффективности восстановления нарушенных территорий, по результатам исследования было выявлено, что необходимо одновременное использование нескольких методов и направлений реабилитации земель. Совместный метод (комбинированный) заслуживает детального изучения, что связано с добычей открытым способом, нарушением поверхности (глубокие выемки, недостаток вскрышной породы). Для группы нарушенных земель «выемки карьерные» (ГОСТ 17.5.1.02-85, ГОСТ РК 17.0.0.05-2002) предусматривается в качестве рекультивации для обводненных карьеров создание водоемов, сухие площадки можно использовать под строительство. Масштабы механического воздействия, выраженные в изменении рельефа местности, деградации растительности из-за длительности ведения работ на угольном месторождении высоки. Исследуемое в качестве модели для рекультивационных работ Шубаркольское месторождение асимметрично, вытянуто в субширотном направлении (размер осей 15,0 на 6,5 км; площадь - 67,18 км²) (<http://nurinsk.gov.kz/ru/news/id/1198>). Исследуемой территорией является участок «Центральный» (рис. 4.5).

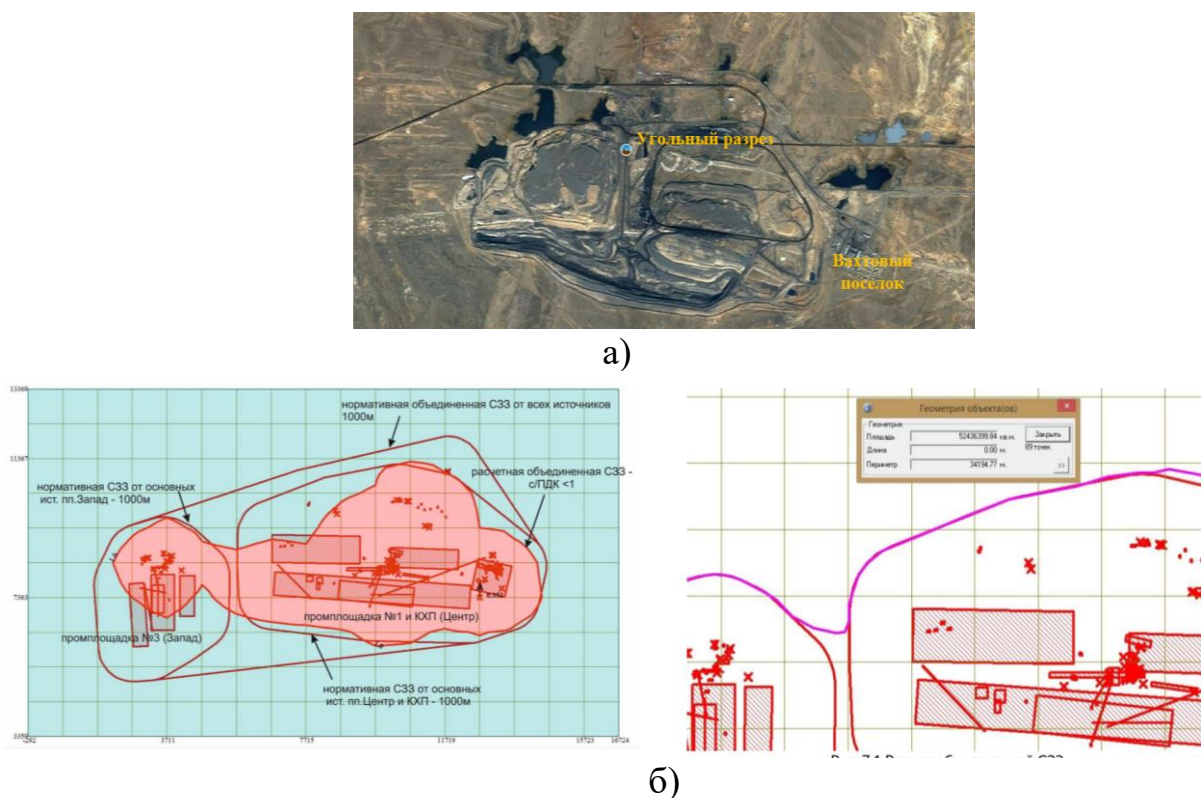


Рисунок 4.5 – Шубаркольское месторождение
а) космический снимок Google Earth Pro, 2022; б) санитарно-защитная зона Шубаркольского месторождения (рисунок автора)

Основными источниками нарушения земель в период строительства и эксплуатации месторождения являются: карьер, отвал пустых пород, склады угля, пруд-испаритель карьерных вод, промплощадка с комплексом зданий и сооружений, транспортные коммуникации. Расчетный объем модельного угольного карьера на момент завершения отработки составит порядка 445,5 млн. м³. Расчетная площадь нарушенной территории составит порядка 1771 га, 90% которых составит карьерная выемка и внешний отвал. Основание карьера для возможности затопления предусматривается без нанесения изоляционного покрытия. При этом проводится обустройство бортов карьера монолитными скальными грунтами, глиной с целью исключения просачивания (фильтрации) поступающих грунтовых вод.

Озеленение склонов и бортов карьера с применением гидропосева проводится с целью создания корнеобитаемого слоя, служащего для их укрепления, удержания влаги, исключения различных видов эрозии и улучшения эстетического вида незатопленной части карьера. Отвальный субстрат не в полной мере соответствует требованиям для благоприятного прорастания зеленых насаждений. Проведение мелиоративных работ является экономически затратным. При этом, как правило, на отработанных участках практически отсутствует плодородная почва. Следовательно, необходим поиск альтернативы решения вопроса, например, применение илового осадка очистки коммунальных сточных вод, гуматов и посадка распространенных, не требующих ухода культур.

Образовавшиеся насыпи, породный отвал преобразуются в участки, приближенные к природным объектам в виде холмов или возвышенностей, покрытых разнотравьем, характерным для изучаемого региона, что позволит достичь эстетический эффект, вернуть биосферные функции территорий и земли в хозяйственный оборот. Один из вариантов решения таких проблем – это фитомелиорация, закрепление таких участков корневой системой растений, которые дадут высокий эффект для восстановления нарушенных земель, будут пригодными для данной местности с учетом географического местоположения, приживаемости при рекультивации. В качестве рационального подхода к посадке растений проводится обустройство в виде террасирования откосов отвалов, что также сдерживает эрозионный процесс и потерю влаги.

На начальном этапе проведения восстановительных работ (технический этап) предусматривается:

- как правило, снятие ПСП проводится до проведения геологоразведочных работ и отработки карьера. Почва снимается на глубину 20 см и хранится в специально отведенном месте;
- демонтаж оборудования, вывоз невостребованного материала;
- начальное планирование территории карьера и вокруг него (имеющиеся впадины, провалы, прогибы, трещины и др.), отвала;
- террасирование, снижение крутизны склонов бортов карьера;
- завершающие процессы планирования, формирования территории.

Террасы нарезаются на выположенном отвале, сложенных токсичными субстратами, требующими химической мелиорации или создания экрана для предотвращения закисления наносимого грунта (Типовые технологические схемы рекультивации, 1993). Ширина террас при озеленении отвалов должна обеспечивать удобство посадки и ухода за древесно-кустарниковыми насаждениями. На террасах, откосах сооружаются канавы для сбора поверхностных вод. Озеленение приконтурной зоны и откосов осуществляется по мере сооружения насыпи и создания изолирующего покрытия на внешнем откосе. Для уплотнения отвальной массы добавляется мелкозем (0...3мм). В качестве мелкозема рекомендуется использовать песок, хвосты обогащения (флотовхвосты), перегоревшую породу, золу, отходы камнедробильного производства.

При определении технологических схем рекультивации совмещенные схемы наиболее приемлемы. К элементам технологических схем отнесены: высота и угол откоса уступов (ярусов), высота и ширина террас, мощность наносимого слоя почвы или субстрата. Технологические схемы выполаживания предусматривают перемещение пород снизу вверх или наоборот при сплошном и террасном выполаживании, нарезку и формирование террас, частичное выполаживание откосов и уступов. Всё это необходимо для дальнейшего биологического этапа (Типовые технологические схемы рекультивации, 1993).

Результаты укрупненного общего расчетного объема грунта для рекультивации участка составляют порядка 6 млн.м³, из них: около 34 % на откосы бортов; 30,5 % - на основание карьера; около 4 % на планировку территории около участка отработки; порядка 31 % на внешний вскрышной отвал; порядка 0,1 % на обустройство прилегающей территории по периметру. Из результатов определения объемов грунта следует, что породы, имеющейся после отработки месторождения, недостаточно для полной отсыпки карьерной выемки и территории. Обустройство верхней части карьера (выполаживание откосов) проводится по всему периметру. В исследовании проведен расчет водопритока в карьер (табл.4.1) (Методика, 2011; СП РК 2.04-01-2017).

Таблица 4.1 Расчетный водоприток в карьер (составлена автором)

Источники водопритока в карьер	Водоприток, м ³ /сут
Подземные воды	978,0
Снеготалые воды	13298
Дождевые воды	7356,3
Всего максимально возможный водоприток	21632,3

Заключительная процедура реабилитации нарушенных территорий — это восстановление биологических свойств участков, включая формирование свойств почвообразования, посадку зеленых насаждений, уход и наблюдение за их приживаемостью и ростом. В совокупности мероприятия биологической направленности создают условия для реабилитации территорий, возвра-

та их в хозяйственный оборот, придание им природного эстетического вида. Ведущим мероприятием биологического восстановления земель является создание многолетнего травостоя на заранее спланированных и подготовленных участках с учетом геоэкологических особенностей региона. Пустые породы, извлеченные при добыче могут быть использованы для рекультивационных работ в качестве потенциально-плодородной субстанции, но с добавлением в них азотфиксирующих и фосфатрастворяющих удобрений. При проведении биологической рекультивации также предусматривается процесс ремедиации.

Преобладающий комплекс почв в районе нахождения угольного разреза – это светлокаштановые неполноразвитые почвы с солонцами степными совместно с солонцами пустынными с серобурыми солонцеватыми почвами. По агропроизводственной группировке почвы относятся к землям, которые могут использоваться в качестве пастбищ.

Для оценки содержания гумуса в почве было отобрано 4 пробы почвы по румбам на глубине 50 см на санитарно-защитной зоне. Среднее содержание гумуса составляло: на востоке – 10,6 мг/кг; на юге – 6,6 мг/кг; на западе – 7,6 мг/кг; на севере – 8,9 мг/кг. Состав водной вытяжки позволяет оценить физико-химическое состояние почвы, ее пригодность для выращивания растений. Количество токсичных солей, а также соотношение анионов позволяют определить засоленность почвы и возможное угнетение растительности (таблица 4.2 – 4.5).

Таблица 4.2 Состав водной вытяжки и характеристика почвы в точке отбора на востоке

Наименование компонента	Содержание			Нормы	Характеристика почвы
	мг/100г	мг-экв/100г	%		
рН	7,9				слабощелочная
Кальций-ион	8	0,38	0,008	Na:Mg<1 Na:Ca<1 Mg:Ca>1	магниевый тип
Магний-ион	21	1,75	0,021		
Натрия и калия ионы	1	0,02	0,001		
Карбонат-ионы		н/о		Cl:SO ₄ >1 HCO ₃ :Cl>1 HCO ₃ :SO ₄ >1	хлоридно-гидрокарбонатный тип
Гидрокарбонат-ионы	37	0,6	0,037		
Сульфат-ионы	14	0,3	0,014		
Хлорид ионы	1	0,32	0,001		
Нитрат-ионы	2,1	0,03	0,002		
Сумма солей			0,084	<0,25	незасоленные

Таблица 4.3 Состав водной вытяжки и характеристика почвы в точке отбора на юге

Наименование компонента	Содержание			Нормы	Характеристика почвы
	мг/100г	мг-экв/100г	%		
рН	7,2				нейтральная
Кальций-ион	42	2,1	0,042	Na:Mg>1 Na:Ca>1 Mg:Ca<1	натриевый тип
Магний-ион	12	1,0	0,012		
Натрия и калия ионы	113	4,91	0,113		
Карбонат-ионы		н/о		Cl:SO4<1 HCO3:Cl<1 HCO3:SO4<1	хлоридно-сульфатный тип
Гидрокарбонат-ионы	24	0,4	0,024		
Сульфат-ионы	211	4,4	0,211		
Хлорид ионы	106	3,0	0,106		
Нитрат-ионы	13	0,21	0,013		
Сумма солей			0,521	0,3-0,6	слабозасоленные

Таблица 4.4 Состав водной вытяжки и характеристика почвы в точке отбора на западе

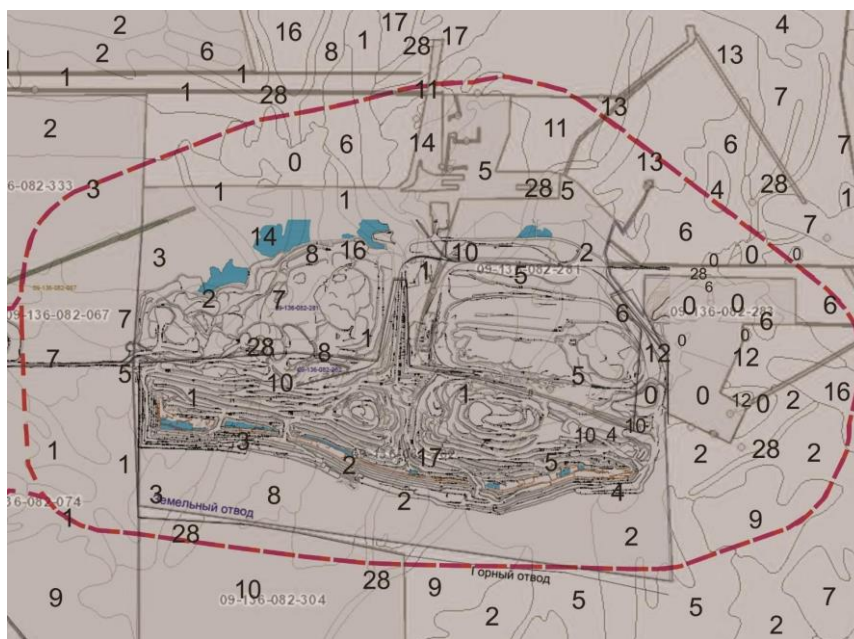
Наименование компонента	Содержание			Нормы	Характеристика почвы
	мг/100г	мг-экв/100г	%		
рН	7,2				нейтральная
Кальций-ион	182	9,1	0,182	Na:Mg>1 Na:Ca<1 Mg:Ca<1	натриевый тип
Магний-ион	37	3,0	0,037		
Натрия и калия ионы	151	6,6	0,151		
Карбонат-ионы		н/о		Cl:SO4>1 HCO3:Cl<1 HCO3:SO4<1	сульфатно-хлоридный тип
Гидрокарбонат-ионы	21	0,35	0,021		
Сульфат-ионы	384	8,0	0,384		
Хлорид ионы	355	10,0	0,355		
Нитрат-ионы	19	0,31	0,019		
Сумма солей			1,149	больше 1	солончак

Таблица 4.5 Состав водной вытяжки и характеристика почвы в точке отбора на севере

Наименование компонента	Содержание			Нормы	Характеристика почвы
	мг/100г	мг-экв/100г	%		
рН	6,6				слабокислая
Кальций-ион	32	1,6	0,032	Na:Mg>1 Na:Ca>1 Mg:Ca>1	натриевый тип
Магний-ион	40	3,3	0,04		
Натрия и калия ионы	166	7,2	0,166		
Карбонат-ионы		н/о		Cl:SO4>1 HCO3:Cl<1 HCO3:SO4<1	сульфатно-хлоридный тип
Гидрокарбонат-ионы	15	0,25	0,015		
Сульфат-ионы	192	4,0	0,192		
Хлорид ионы	256	7,2	0,256		
Нитрат-ионы	34	0,55	0,034		
Сумма солей			0,735	0,5-1,0	сильнозасоленные

По результатам водной вытяжки, на территории угольного разреза преобладают засоленные почвы, переходящие в солончаки с хлоридно-сульфатным и сульфатно-хлоридным типами засоления.

На рисунке 4.6 представлены карты-схемы с баллом бонитета почв, согласно почвенной карте Управления земельного кадастра (<https://aisgzk.kz...pch>) на которой отмечены баллы бонитета почв до начала разработки месторождения.



--- - граница СЗЗ;

0 – балл бонитета почвенных кластеров;

— - границы почвенных кластеров.

Рисунок 4.6 - Схема угольного разреза с обозначением балла бонитета почв

При реабилитации земель помимо самой нарушенной территории целесообразно озеленение санитарно-защитной зоны разреза по участкам (рис.4.7). Обследования СЗЗ показали необходимость дополнительного озеленения с учетом направления ветра для лучшей приживаемости растительности на самом нарушенном участке.

Площадь санитарно-защитной зоны участка «Центральный» (включая территории, предназначенные для развития производства) составляет 36933,2 тыс.м² (3693 га). Из общей площади СЗЗ 2918 га занято объектами инфраструктуры предприятия. Для предприятий у которых установлена СЗЗ равной 1000 м озеленение составляет не менее 40 % ее территории (Санитарные правила ДСМ-2, 2022). Таким образом, площадь озеленения рассчитывается из 40% от 775 га и составляет 310 га.

С учетом направления ветра на северной и северо-западной части озеленению подлежат 141 га; востоке и северо-востоке – 136 га, на юге и юго-западе участка – 33 га.



 - участки высадки кустарников

Рисунок 4.7 - Схема дополнительного озеленения на границе С33 (рисунок автора; исходная карта Google Earth Pro, 2023)

Древесно-кустарниковая растительность может использоваться в разных соотношениях, как главная и как вспомогательная древесная порода. В качестве посадочного материала рекомендуются двухлетние сеянцы, выращенные из семян местного происхождения. Допускается выращивание сеянцев из семян, завезённых из других районов с учетом лесосеменного районирования. Сеянцы и саженцы должны иметь ровные стволы и полностью одревесневшие верхушки побегов с окончательно сформировавшимися почками, находящимися у большинства растений в состоянии покоя. Не допускаются сеянцы и саженцы с двумя и более стволиками или раздвоением главного побега, за исключением кустарников, а также подсушенные, имеющие механические повреждения, заражённые вредителями и болезнями или с другими признаками потери жизнеспособности. У сеянцев тех видов деревьев и кустарников, которые удовлетворительно переносят обрезку, допускается укорачивание главного и боковых побегов последнего года до размеров, обеспечивающих механизированную посадку. Сеянцы и саженцы должны иметь здоровую, хорошо разветвлённую мочковатую корневую систему. Корни, длина которых превышает размеры необходимые для механизированной или ручной посадки, а также повреждённые при выкопке, должны быть подрезаны.

Для закрепления склонов отвалов и предотвращения пыления рекомендуется засеивание отвалов многолетними злаковыми травами. Наиболее подходящей для данных условий является смесь житняка и овсяницы. Норма высадки на 1 га – 66,4 кг житняка и 62,4 кг овсяницы. Перед посевом проводится культивация поверхности отвала. Для улучшения прорастания и закрепления растений рекомендуется внесение удобрений перед высевом из расчета 500 кг на 1 га (смесь – калийная селитра, суперфосфат и аммиачная селитра в соотношении 1:1:1). Для предотвращения выноса семян из почвы рекомендуется послепосадочное покрытие битумной эмульсией и сульфитно-спиртовой бардой (или аналогичными по свойствам эмульсиями, нетоксичными для растений). Эмульсия обеспечивает склеивание частиц грунта и образует защитный слой, который не препятствует прорастанию семян, но дополнительно обеспечивает сохранение влаги в верхнем слое почвы.

Время проведения посева - теплый период года. Всходы появляются через 2 недели после посева. Активное развитие растений, с образованием дернины наступает на следующий год после посадки. Наиболее подходящими для высадки являются кустарники. Рекомендуется чередование более высоких и более низких кустарников. В качестве главной породы применяются более высокие растения, в качестве сопутствующей породы более низкие.

По откосам и бермам целесообразно проводить лесонасаждения и обустроить задернованные участки природоохранного назначения. На выложенных склонах формируют сенокосы. Эти мероприятия проводят на глубинных карьерных нагорно-террасированных формах рельефа в случаях, если фактором, обуславливающим формирование рельефа, является разработка пластов и предусматривается складирование вскрышной породы во внешние отвалы. Таким образом, для угольного разреза целесообразно рассмотреть в глубинной части создание водоема природоохранного и/или рекреационного назначения; в нагорной части – многолетние лесонасаждения. Для обводненных участков при наличии подземных вод и притока поверхностных вод при низкой водопроницаемости пород без проведения гидромелиоративных и гидротехнических мероприятий возможно создание водоемов природоохранного назначения. При проведении гидромелиоративных и гидротехнических мероприятий возможно создание водоемов многоцелевого назначения.

Кроме того, поверхность породного отвала подвергается известковой нейтрализации, добавляются бактериальные препараты и засеваются кострцом безостым (*Bromus inermis*), донником желтым (*Melilotus officinalis*) и белым (*M. albus*), люцерной желтой (*Medicago falcata*). Преимущество подбора данных растений заключается в следующем:

- кострец безостый (*Bromus inermis*): высокая приживаемость, сильная корневая система, влагоудерживающие свойства;
- донник (*Melilotus officinalis*, *M. albus*): способность аккумулировать азот в почве;
- люцерна желтая (*Medicago falcata*): неприхотлива, обладает свойствами улучшения качественного состава почвы, структуры, активизирует жизнедеятельность микроорганизмов. Отличительной особенностью и преимущественно

ществом люцерны является мощная, разветвленная корневая система, способная проникать вглубь почвы, что позволяет предотвратить эрозионные процессы и укрепить борта отвалов; является ценной кормовой культурой.

Предусматривается обустроить зеленые ветрозащитные полосы вдоль автомобильных дорог по обе стороны с учетом преобладающих ветров, в результате чего создается замкнутая система зеленой зоны. На значительных по площади и разнохарактерных по рельефу и составу пород нарушенных территориях предусматривается комплексное использование рекультивируемых земель для создания устойчивых ландшафтов:

- сплошные насаждения лиственных пород;
- сплошные насаждения нетребовательных к плодородию грунтов кустарников мелиоративного типа временного характера, для фиксации атмосферного азота;
- полосные насаждения на выположенных откосах противоэрозионного назначения;
- насаждения по бровкам отвалов и карьеров, водоемов водоохранные насаждения;
- насаждения рекреационного типа.

Для выбора оптимального решения рекультивации нарушенных земель Шубаркольского угольного месторождения были рассмотрены его геоэкологические условия, проанализированы различные варианты рекультивации после добычи угля открытым способом. Наряду с улучшением социально-экономического состояния региона происходит восстановление биосферных функций образованных геотехнических систем и снижение экологической напряженности. Учитывая особенности региона, технологию отработки месторождения, которая привела к сильному нарушению земной поверхности и недостаточности грунта для рекультивации предусматривается комбинирование направлений и способов восстановления земель.

Учитывая геоэкологические особенности региона (суховеи, высокая ветровая нагрузка) на реабилитируемой территории планируется формирование лесозащитной полосы. Для более высокой приживаемости и сокращения времени формирования лесной полосы предусмотрена посадка кустарников не менее 3-х рядов по периметру карьера: карагана мелколистная (*Caragana microphilla*), акация желтая (*Caragana frutex*), шиповник (*Rosa majalis Herrm*), терн (*Prunus spinosa*). Достоинство выбранных видов кустарников заключается в неприхотливом уходе и способности расти на глинистых, песчаных, суглинистых, супесчаных почвах Карагандинского региона (<https://www.supersadovnik.ru/plant/tern-1655>). Растения, рекомендуемые для реабилитации земель, нарушенных горнодобывающей деятельностью приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 Растения, рекомендуемые для реабилитации земель, нарушенных горнодобывающей деятельностью

Наименование	Характеристика свойств растений								
	Адаптация к региональным условиям	Сильная корневая система, способность закрепления сыпучих поверхностей	Фиторе-медиа-ция	Засухо-устойчи-вость	Способность влаго-удержа-ния	Моро-зостой-кость	Акку-муля-ция азота	Значи-мость для с/х	Вет-роза-щита
Растения, исследованные для реабилитации:									
Кострец безостый (<i>Bromus inermis</i>)	+	+	-	-	+	+	+	+	-
Донник желтый (<i>Melilotus officinalis</i>) и белый (<i>Melilotus albus</i>)	+	+		+-			+	+	-
Люцерна желтая (<i>Medicago falcata</i>)	+	+	+	+-		+		+	-
Пастбищный райграс (плевел) (<i>Lolium perenne</i>)	+	+-		+-		+-		+	
Овсяница красная (<i>Festuca rubra</i>)	+	+			-	+		+	-
Овсяница луговая (<i>Festuca pratensis</i>)	+	+			-	+		+	-
Овсяница тростниковая (<i>Festuca arundinacea</i>)	+	+			-	+		+	-
Житняк сибирский (<i>Agropyron fragile</i>)	+	+			+	+		+	-
Мятлик луговой (<i>Poa pratensis</i>)	+-	+	+	+	+	+		+	-
Полевица (<i>Agrostis capillaris</i>)	+	+-	+	+		+		+-	
Клевер (<i>Trifolium</i>)	+-	+	+	-	-	+-	+	+	-
Растения, рекомендуемые для реабилитации:									
Амброзия полыннолистная (<i>Ambrósia artemisiifolia</i>)	+	+-	+	+	-	+-	-	-	-
Одуванчик (<i>Taraxacum officinale</i>)	+	+-	+	+-	+-	+		-	-
Тимофеевка (<i>Phleum</i>)	+	-		+		+		+	-
Карагана мелколистная (<i>Caragana microphilla</i>)	+			+		+			+
Акация желтая (<i>Caragana frutex</i>)	+			+		+			+
Акация белая (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	+			+	+	+			+
Шиповник (<i>Rosa majalis</i>)	+			+	+	+			+
Терн (<i>Prunus spinosa</i>)	+			+					+
Береза бородавчатая (<i>Betula pendula</i>)	+			+	+	+			+
Вяз мелколистный (<i>Ulmus parvifolia</i>)	+			+-		+			+
Тополь пирамидальный (<i>Populus nigra f. pyramidalis</i>)	+				+	+			+

Для рекультивации и дальнейшего использования отработанного карьера предложено создание водоема. Учитывая климатические условия и слабый водоток, необходимо уменьшить объем карьера с помощью отсыпки дна грунтом, имеющимся в наличии, с последующим выполаживанием откосов карьера (рис. 4.8).

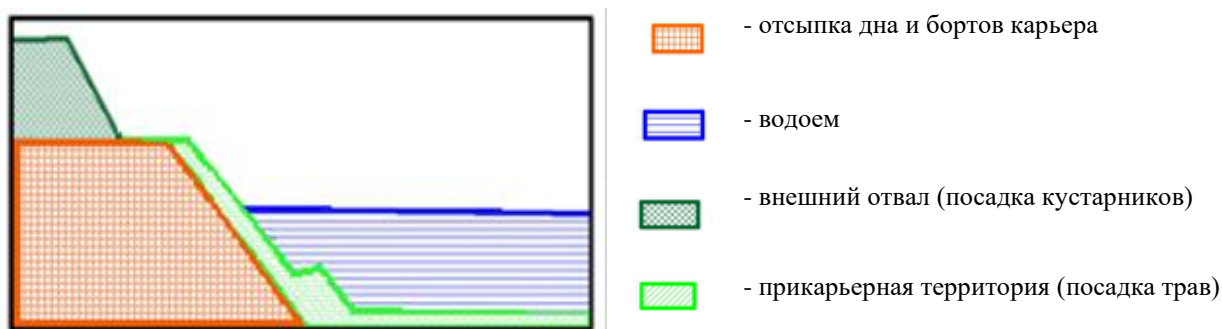


Рисунок 4.8 – Восстановленный участок карьера и прикарьерной территории (рисунок автора)

Нормативными требованиями к проведению работ по недропользованию предусмотрены техническая и биологическая стадии восстановления нарушенных земель. Ряд предприятий природпользователей не проводят биологическую рекультивацию, указывая на естественные процессы восстановления растительного покрова (самозарастание). Как показали исследования, региональные особенности района расположения Шубаркольского угольного месторождения и тип нарушенной территории определяют направление реабилитационных работ путем создания модифицированного ландшафта:

- рекреационное водохозяйственное направление рекультивации с отсыпкой основания карьерной выемки для частичного самозатопления и получения водоема;

- озеленение на террасированных и выполаженных откосах сокращает период заполнения карьера водой и восстанавливает нарушенные территории.

В целях улучшения и обеспечения эстетической ценности ландшафтов рассматриваемых территорий на перспективу предусматривается комплекс инженерных, биологических и планировочных мероприятий:

- размещение инженерных сооружений, промплощадок, селитебной территории с учетом особенностей местности и климатических условий;

- приведение в порядок полос отчуждения, территорий, примыкающих к автомагистралям и путям железных дорог, организация и озеленение СЗЗ между границами предприятия и селитебной территорией;

- проведение мероприятий по охране воздушного микроклимата, почв;

- озеленение восстановленных территорий.

Основными принципами формирования системы территорий природного комплекса населенного пункта являются:

- равномерность распределения по территории и их транспортная и пешеходная доступность;

- чередование непрерывных и дискретных структур в озеленении (чередование участков растительных сообществ);

- функциональное разнообразие;

- комплексность организации озелененных территорий внутри и за ее пределами.

На откосах, которые также подвержены сильному пылению, предлагается применять биоматы. Биоматы позволяют провести биологический этап рекультивации без нанесения плодородного слоя почвы (ПСП), т.к. в структуре биомата находится субстанция, которая по свойствам схожа с ПСП. Далее возможно высаживать растения без нанесения ПСП. Для укрепления откосов возможно дополнительно использовать также сетку, которая сдерживает оползни и выветривание, т.к. откосы и пылящие поверхности схожи с «барханами».

Предложенный метод позволяет восстановить экосистемные связи, обеспечивающие получение экосистемных услуг, привести земли в состояние, приближенное к естественному, а также улучшить социально-экономическую структуру региона. Социально-экономический эффект создается благодаря:

- 1) созданию дополнительных рабочих мест для строительства и функционирования восстановленных объектов;
- 2) развитию инфраструктуры - гостиничного бизнеса, экскурсионных компаний, медицинских и оздоровительных учреждений, предприятий общественного питания, магазинов сувенирных, продовольственных и спортивных товаров;
- 3) организации объектов рекреации и экологического туризма – детского отдыха, спортивных баз, конного спорта, водоёмов для рыбозаведения.

4.3 Снижение негативного воздействия накопителей отходов обогащения полезных ископаемых на природные системы

Решение вопроса пылеподавления накопителей отходов (хвостохранилищ, золоотвалов) горной промышленности является актуальным долгое время и требует своего решения, так как пыление их поверхностей причиняет значительный ущерб геосистемам и противоречит требованиям природоохранного законодательства. Помимо превышения содержания пыли в воздухе, имеется и косвенное ее воздействие на среду путем оседания на прилегающие территории, загрязняя земную поверхность.

Исследования проводились на хвостохранилищах отходов обогащения медной руды. Деятельность этих накопителей негативно влияет на состояние природы региона. Хвосты обогащения представляют собой песчано – суглинистые субстраты. На одном из исследуемых накопителей помимо песчано – суглинистых субстратов находится зола. Накопители подвержены постоянной ветровой нагрузке и высокой температуре воздуха, что вызывает пыление, тем самым влияет на природу.

В отходах обогащения могут содержаться ценные элементы. В связи с этим, хвосты могут являться техногенными минеральными образованиями (ТМО). При внедрении НДТ они могут подлежать переработке. В составе от-

вальных хвостов хвостохранилищ содержатся Cu, Pb, Zn, SiO₂, Fe, Al₂O₃, CaO, S (рис. 4.9). Преобладающее значение содержания приходится на SiO₂.

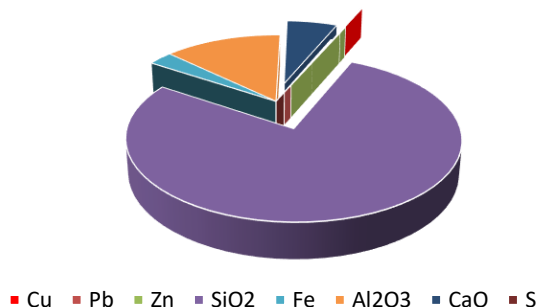


Рисунок 4.9 - Усредненный химический состав хвостов обогащения (рисунок автора)

В связи с этим коренные рекультивационные работы на данных участках нецелесообразны, однако оставлять их пылящими не допустимо. Поэтому предлагается закрепление поверхности: химическими методами, на участках, где будут еще намываться отходы; биологическим методом путем формирования санитарно-защитных насаждений – на участках, где намыв отходов не планируется.

Для планирования и выбора направления рекультивационных мероприятий отвалов, карьеров, хвостохранилищ используется классификация нарушенных территорий по В.В.Тарчевскому (Анянова, 2016):

- по происхождению - отвалы наливного типа;
- с учетом срока эксплуатации – средневозрастные (порядка 25 лет);
- по строению – чашевидные;
- по наращиванию слоев - средние (25 м).
- по крупности субстрата - крупнопылевидные с песками (до 0,1 мм);
- по возможности переработки – неиспользуемые в настоящее время.

Из – за технологии намыва хвостохранилища (намывные) произошло оседание более крупной фракции, при этом более мелкая фракция вышла на поверхность. Учитывая фракционное разделение отходов при рекультивационных работах необходимо привнесение дополнительного материала или вещества для увеличения рыхлости слоя с целью роста и приживаемости растений (например, смешивание с золой).

Естественное зарастание хвостохранилищ невозможно по следующим причинам:

- высокой плотности субстрата;
- содержание химических элементов в хвостах;
- чрезвычайно низкое вплоть до отсутствия содержание элементов питания;
- неблагоприятные климатические условия: высокая температура летом, малоснежный покров, ветровая эрозия, которая выносит пыль с хвостохранилищ.

Эти причины являются также и факторами, лимитирующими развитие фитоценоза на хвостохранилищах. При рекультивации необходимо предусмотреть условия для образования благоприятной среды приживаемости и роста зеленых насаждений. Для улучшения корнеобитаемого слоя аккумуляции влаги и в целом улучшения условий реабилитации необходимо формирование травяного покрова.

Одним из известных методов начальной рекультивации является формирование на нарушенной поверхности плодородного слоя почвы (ПСП). Однако в данном регионе практически отсутствует ПСП. Учитывая этот фактор в пределах хвостохранилища опробовано использование биоматов. Допустимо использовать иловый осадок, образующийся после очистки коммунальных сточных вод. При этом ил можно смешивать с материалом хвостохранилища.

Методы снижения пыления нарушенных поверхностей подразделяется на группы:

- химическое закрепление пылящей поверхности заключается в обработке пылящих участков на хвостохранилище специальными веществами (растворами);

- биологическое закрепление пылящей поверхности заключается в укладке закрепляющего материала по пылящей поверхности с использованием грунтосмесей либо биоматов. Помимо снижения пыления является этапом рекультивации;

- механическое закрепление пылящих поверхностей специально подготовленным составом заключается в укладке закрепляющего материала в виде глинистого раствора с добавками ингредиентов, либо отсыпка грунтом или щебнем;

- гидротехническое закрепление орошением заключается в смачивании пылящих поверхностей водой или пылесвязывающими жидкостями (растворы различных солей);

- аэродинамический метод пылеподавления - с использованием защитных экранов;

- технологическое - снижение способности пылеобразования пульпы из отходов путем добавления в неё специальных связующих реагентов непосредственно на пульповыпуске.

Для снижения негативного воздействия накопителей отходов обогащения полезных ископаемых на природные системы исследованы аэродинамический, гидротехнический, химический и биологический методы снижения пыления от накопителей (Немировский, 2015, 2016; Шершнева, 2016; Sengar; Duan L. и др., 2013; Stuart Kirsch, 2010; Trubetskoy и др., 2015; Nickel и др., 2012; Zhu и др., 2015; Zhou и др., 2018). Первый метод возможно применять на участках с наибольшей интенсивностью ветровых воздушных потоков с учетом розы ветров. Гидротехнический метод целесообразен в качестве дополнения или самостоятельных мероприятий при неблагоприятных метеорологических условиях (засушливая, ветряная погода). Биологический метод - применение

биологических растительных материалов – возможен на откосах и недействующих участках хвостохранилищ при рекультивации.

Анализ оросительных установок. Дождевальную или оросительную технику классифицируют по разным признакам: по применяемым дождевальным насадкам, способу перемещения агрегатов при поливе, основным конструктивным признакам и др. Имеется классификация по основным конструктивным признакам, которые в значительной мере определяют и технологический процесс полива, и расчеты режимов работы. По этим признакам оросительные установки можно разделить на: консольного типа; многоопорные широкозахватные; дальнеструйные; стационарные; с разборным трубопроводом. Помимо использования дождевальных машин на хвостохранилищах для пылеподавления применяются методы основанные на смачиваемости частиц водой, например, вертикальной оросительной системы.

Достоинствами оросительных установок являются:

- процесс орошения приближен к естественным осадкам;
- поддержание влажного микроклимата орошаемых участков;
- установление режима оптимального рационального полива;
- учет природных особенностей региона.

При орошении на поверхности поливаемого участка образуется корка, которая применительно к хвостохранилищам может являться положительным свойством, т.к. снижает пыление.

При этом имеются экономические расходы в виде потребления электрической энергии, затраты на амортизацию и обслуживание техники, прокладка системы водоснабжения, услуги квалифицированных работников (механики, электрики). Косвенными показателями расходов являются качество воды для полива; потери воды при сильной ветровой нагрузке; соблюдение технических условий орошения (высота и регулирование напора орошения); использование химических добавок для утяжеления капель. В условиях засушливого климата и высокой ветровой активности использование оросительных установок не эффективно.

Анализ использования ветрозащитных установок. Ветрозащитные установки могут применяться для сдерживания ветра и частиц пыли с техногенной поверхности. Расчет силы ветра, которая может поднять пылевые частицы с поверхности определяется по формуле:

$$F = C_z \frac{\rho V^2}{2} S, \quad (4.1)$$

где C_z - показатель сопротивления аэродинамики (1,0...1,5);

ρ - плотность воздушной среды, кг/м³;

V - скорость ветра, м/с;

S – площадь поверхности пылевой частицы, м².

Скорость восходящего потока для поднятия частицы определяется по формуле:

$$V = \sqrt{\frac{4gd\rho_m}{3C_z\rho}}, \quad (4.2)$$

где d – фракционный размер частиц, м;

g – константа 9,8;
 ρ_m – плотность пыли, кг/м³;
 ρ – плотность воздуха, кг/м³, при стандартных атмосферных параметрах принимается $\rho = 1,225$ кг/м³.

Гранулометрический состав отходов обогащения представлен в следующих значениях:

Фракции, мм	Средний диаметр пылевой частицы, мм	Содержание, %
[+1,0...0,2)	0,6	4,9
[0,2...+0,16)	0,18	8,4
[+0,16...0,1)	0,13	9,8
[0,1 ...+0,07)	0,087	21,5
[+0,074...0)	0,037	55,4

Удельный вес твердых частиц 2,7 т/м³. Для расчетов принимается средняя величина диаметра по каждой фракции.

Показатель	Параметр
Плотность воздуха, кг/м ³	1,225
Коэффициент аэродинамического сопротивления	1,2
Плотность частицы, кг/м ³	2700

Таким образом, для частиц диаметром:

- $d = 0,6$ мм	$V = 3,76$ м/с
- $d = 0,18$ мм	$V = 2,07$ м/с
- $d = 0,13$ мм	$V = 1,77$ м/с
- $d = 0,087$ мм	$V = 1,44$ м/с
- $d = 0,037$ мм	$V = 0,94$ м/с

На рисунке 4.10 приведен график зависимости между диаметром фракций и скоростью восходящего потока.

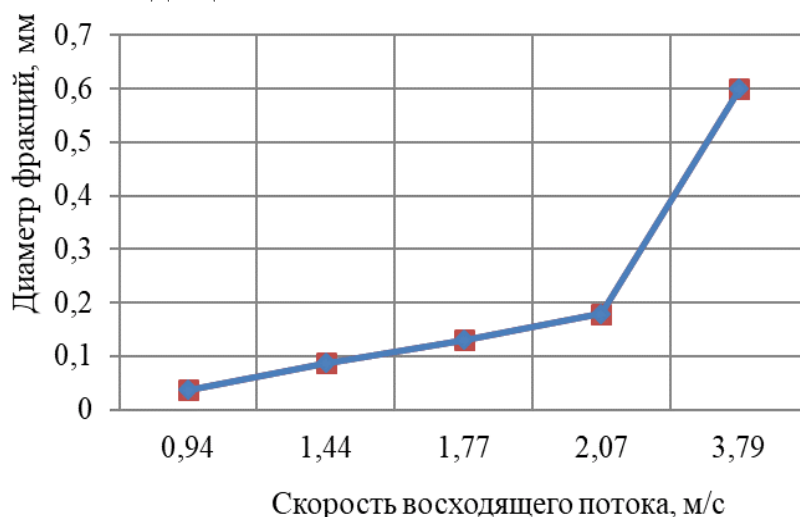


Рисунок 4.10 – Зависимость скорости восходящего потока от диаметра частицы

Наблюдается прямопропорциональная зависимость между пылевой фракцией и скоростью ветра (рис. 5.8), при среднегодовой скорости ветра 3,2

м/с (СП РК 2.04-01-2017) порядка 95,1% всех фракций отходов пылят и требуются дополнительные меры, чтобы это уменьшить. Проанализировав различные конструкции ветрозащитных установок, которые в свою очередь могут являться и противоэмиссионными устройствами, можно отметить их положительные качества в возможности снижения ветровой активности в местах их установки. Однако, учитывая площади и высоту хвостохранилищ, значительного эффекта данный способ не обеспечит.

Использование реагентов для снижения пыления. Три участка на хвостохранилищах были покрыты разными реагентами, которые потенциально могли бы снизить процесс пылевыведения с сухих пляжей хвостохранилища. С целью чистоты проведения эксперимента, для каждого реагента были соблюдены следующие условия на хвостохранилище обогатительной фабрики:

- выделен одинаковый участок, размером 400 м² для каждого реагента;
- однократное нанесение антиэмиссионного покрытия;
- одновременное нанесение антиэмиссионного покрытия (дата, время и погодные условия во время нанесения покрытий).

В октябре 2020 г. были проведены испытания трех реагентов (рис. 2). Продолжительность эксперимента составила порядка 7 месяцев. В результате исследований из трех реагентов были выбраны наиболее эффективные с точки зрения устойчивости и безопасности для окружающей среды: реагент «Nalco Dustbind» и реагент «Sedifloc» (табл. 1). Реагент AZ в дальнейшие исследования не включался, его описание не приводится, т.к. покрытие почти полностью было разрушено (рис. 4.11, участок 1).



Рисунок 4.11 – Обработка опытных площадок реагентами на хвостохранилище (октябрь 2020 г., вид сверху, снимок с дрона): 1 – участок, обработанный реагентом AZ; 2 – участок, обработанный реагентом «Sedifloc»; 3 – участок, обработанный реагентом «Nalco Dustbind»

Температура воздуха при нанесении + 10⁰ С. Участки обработаны реагентом 5 %-ной концентрации при расходе раствора 300 л, удельный расход раствора – 0,75 л/м². Исследования состояния экспериментальных участков показали:

- участок 1: толстый слой, не гибкий, частично заметен пылью. Корка неравномерная: местами слоистая, толщина которой 9 – 13,5 мм (усреднен-

ное значение 11,4 мм), местами однородная, толщина которой достигает 6 – 8 мм (усредненное значение 6,4 мм). Визуально корка неровная как «барханная»;

- участок 2: тонкий слой, более гладкий, не был замечен пылью;
- участок 3: слой самый гибкий (как пленка), не поврежден, частично был замечен пылью, зрительно корка гладкая, хорошо схваченная, по типу «цементная корка».

Таблица 4.7 – Характеристика реагентов «Nalco Dustbind» и «Sedifloc»

Показатель	Параметр реагента	
	«Nalco Dustbind»	«Sedifloc»
Агрегатное состояние	жидкость	жидкость
Внешний вид	белая непрозрачная жидкость	белая непрозрачная жидкость
Химический тип	Анионный полиакриламид	Анионный полиакриламид
Удельный вес	1,04 – 1,1	1,0 – 1,1
Точка замерзания, °С	0 °С (32 °F)	- 18 °С (0 °F)
Температура хранения, °С	5 – 35	5 – 35
Срок годности, месяц	12	12
Удельный расход, г/м ²	50	50
Свойство	Реагент химически стабильный, раствор не расслаивается	

В июне 2021 г. растворами, выбранных реагентов «Nalco Dustbind» и «Sedifloc», обработали два пылящих участка хвостохранилища медной обогатительной фабрики Жезказганского региона (рис. 4.12).



Рисунок 4.12 – Обработка опытных площадок реагентами «Nalco Dustbind» и «Sedifloc» на хвостохранилище (июнь 2021 г.) (фото автора)

Эксперимент проводился при следующих условиях:

- одинаковые участки размером 10 м на 20 м (200 м²);
- однократное нанесение раствора;
- одновременно (одинаковая дата, время и погодные условия): температура воздуха при нанесении реагентов +36 °С, скорость ветра 4,5 м/с;
- концентрация готовых растворов составляла 5%, расход раствора – 1 л/м², удельный расход реагента 50 г/м². Растворы реагентов наносили методом распыления.

Мониторинг покрытий проводился несколько раз. На следующий день после нанесения покрытия были обследованы оба экспериментальных участка на хвостохранилище и сделаны следующие наблюдения:

- покрытие участка, обработанное реагентом «Nalco Dustbind» (Dsb), эластичное, легко гнется, толщина 1,5 – 2 мм;

- покрытие участка, обработанное реагентом «Sedifloc» (SF), эластично, легко изгибается и растягивается (обладает резиноподобными свойствами), толщина 1 - 2 мм.

Учитывая тот факт, что пыль является основным фактором загрязнения атмосферного воздуха, было принято решение увеличить периодичность замеров, охватывающих максимально возможный диапазон изменения факторов внешней среды.

Исследования качества воздуха проводились в июне, июле, августе, сентябре. Для определения содержания в воздухе взвешенных веществ, диоксида серы, сероводорода и неорганической пыли с содержанием диоксида кремния 70-20 % использовался ГАНК-4 (<https://www.gank4.ru/...BC.2.pdf>). Для экспресс-измерений пыли РМ 2,5 и РМ10 использовался пылеанализатор Atmas (<https://ntm.ru/UserFiles..Atmas.pdf>), параметры микроклимата определялись с помощью «Метеоскопа» (<https://gidrometpribors...meteoskop-m-re-mp.pdf>). Все оборудование включено в реестр средств измерений Республики Казахстан и прошло регулярную метрологическую аттестацию (поверку). Все исследования проводились в соответствии с требованиями нормативных документов (ГД 52.04.16-89; Методика измерений № 02-37-2012; Оралова и др. 2019; Стандарт РК 2.302-2014). В ходе эксперимента газовых выбросов не обнаружено; выявлена прямо пропорциональная зависимость интенсивности пыления от скорости ветра. Определена скорость ветра (более 10 м/с), при которой происходит вынос пыли за пределы санитарно-защитной зоны хвостохранилища.

Анализ испытания покрытий показал, что такой метод борьбы с пылением можно применять, однако, само покрытие не долговечно, за период снеготаяния частично может разрушиться. В конце сентября 2021 года проведен осмотр опытной территории:

- на участке, обработанным раствором реагента Dsb – покрытие сохранилось на 90 %; покрытие неравномерное. В местах, где покрытие однослойное, оно гибкое пластичное, толщиной 1,5 – 2 мм. В местах, где покрытие многослойное, оно твердое, не гнется, ломается на крупные куски. Толщина покрытия составляет до 10 мм. Данное покрытие выдерживает вес человека (до 90 кг) по всему участку;

- на участке, обработанным раствором реагента SF – покрытие сохранилось на 90 %; покрытие гибкое, пластичное, тянущееся, равномерное, практически не слоистое, толщиной 1 – 2 мм. Данное покрытие выдерживает вес человека (до 90 кг) по всему участку. Визуальный осмотр участков с покрытием (рис. 4.13) не выявил следов пыления с них. Таким образом, антиэмиссионное покрытие сформировало достаточно прочную поверхность. Участки покрытия реагентом видны в виде небольших островков, которые не покрыты пылью и различаются по цвету (рис. 4.13).

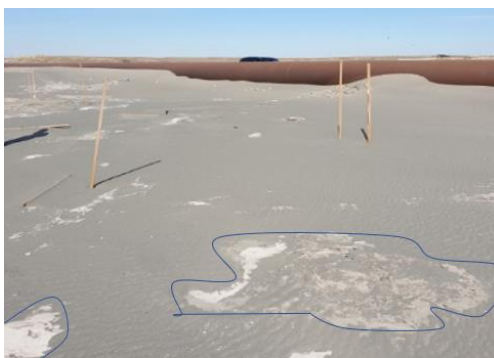


Рисунок 4.13 Сформировавшаяся корка покрытий (фото автора)

Масса выбросов загрязняющих веществ с поверхности хвостохранилищ была определена расчетным методом с учетом коэффициентов, приведенных в методике (Методика расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от предприятий по производству строительных материалов» Приказ Министра охраны окружающей среды Республики Казахстан № 100, 2012 г.). Прогнозные расчеты представлены в таблице 4.8 с учетом влажности, размера частиц, а также климатических характеристик (скорость ветра, количество дней со снежным покровом и дождем) (<https://igis.kz/images/снпп/строительные-нормативы/сп-рк-2.04-01-2017-строительная-климатология.pdf>). При определении массы выбросов наибольшее значение имеет площадь пылящей поверхности. Для расчета принимается сухая площадь складирования отходов.

Таблица 4.8 Выбросы пыли от хвостохранилища Жезказганского региона

Наименование параметра	Показатели			
	для об-щей площади	для площади покрытия раство-ром реагента		
		на 10%	на 20%	на 50%
Площадь хвостохранилища (S), м ²	4090000	3681000	3272000	2045000
Коэффициент местных погодных условий (k3)	1,4	1,4	1,4	1,4
Коэффициент укрытия (k4)	1	1	1	1
Коэффициент влажности отходов (k5)	1	1	1	1
Коэффициент размера материала (k7)	1	1	1	1
Пылеудаление (q'), г/м ² ×с, при k3=1; k5=1	0,002	0,002	0,002	0,002
Коэффициент профиля поверхности складируемых отходов (k6)	1	1	1	1
Количество дней со снежным покровом (T _{сп})	106	106	106	106
Количество дождливых дней (T _д)	60	60	60	60
Выбросы пыли, т/год	196901	177211	157521	98451

Результаты расчетов (табл. 4.8) показывают постепенное снижение выбросов от хранилища отходов при увеличении площади покрытия реагентом:
 - при покрытии 10 % площадь пыления сократится на 40,9 га, а запыленность уменьшится на 19690,11 т/год;

- при покрытии 20 % площадь пыления уменьшится на 81,8 га, а запыление уменьшится на 39380,22 т/год;

- при покрытии 50 % площадь пыления уменьшится на 204,5 га, а запыленность уменьшится на 98450,55 т/год.

По результатам исследований были сделаны следующие выводы:

1. Выбросы газа с поверхности хвостохранилища не обнаружены.
2. Основным видом выбросов с поверхности хвостохранилища является пыль (взвесь).

3. По гранулометрическому составу преобладает мелкодисперсная пыль с частицами менее 2,5 мкм в диаметре (РМ 2,5).

4. Интенсивность пыления прямо пропорциональна скорости ветра. При скорости ветра более 10 м/с отмечено влияние хвостохранилища на атмосферный воздух за пределами санитарно-защитной зоны. При этом выявлено превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) по запыленности, как для мелкодисперсных (РМ 2,5 и менее), так и для крупных (РМ 10) частиц.

5. Состав пыли в основном представлен соединениями алюминия, железа, меди, титана, бария, свинца, марганца (табл. 3).

6. Выбросы с поверхности площадок, покрытых антиэмиссионным покрытием, не обнаружены.

В результате эксперимента были выработаны следующие рекомендации по применению антиэмиссионного покрытия для снижения пыления на объектах хранения промышленных отходов:

1. Покрытие следует наносить на сухую поверхность пляжа в теплый период с учетом погодных условий (отсутствие осадков, сильного ветра).

2. Концентрация применяемого готового раствора должна быть 5%, а удельный расход реагента не менее 50 г/м².

3. Покрытие следует наносить равномерно методом распыления.

4. После покрытия поверхность не должна подвергаться физическому воздействию в течение 2-3 часов (до застывания).

5. Необработанных участков быть не должно. При необходимости реагент можно наносить повторно, но слои не должны быть толстыми и перекрывать друг друга, так как это может снизить прочность покрытия.

При покрытии реагентом всей пылящей поверхности выбросы пыли исключаются. При нанесении реагентов на отдельные участки, картина не будет объективной, так как пыление будет происходить с непокрытых участков, что приведет к вторичному загрязнению. Исследуемые покрытия могут быть использованы на отвалах обогатительных фабрик, тепловых электростанций и карьеров. Покрытия можно наносить в различных климатических условиях, но наиболее эффективны для сухого климата.

Анализ биологического способа. Одним из возможных способов борьбы с пылением и восстановления нарушенных территорий является использование материалов, которые могли бы заменить отсутствующий на техногенных рельефах плодородный слой почвы. Биоматы – многослойный материал из натуральных волокон для укрепления грунтовых насыпей, является

полноценным искусственным заменителем почвы на период ее восстановления, способствующий быстрому формированию растительного покрова и защищающий грунтовую поверхность от эрозионных процессов. Биомат представляет собой тканый или нетканый текстильный материал, состоящий из смеси синтетических неразлагаемых и естественных биоразлагаемых волокон. В него вносится смесь семян многолетних трав и других растений, питательные вещества (минеральные удобрения, торф, стимуляторы роста и т.д.), а также влагоудерживающие компоненты. Биоматы потенциально можно применять на почвах, подверженных эрозии, в случае истощения или отсутствия плодородного слоя почвы. Смесь трав для наполнителя необходимо подбирать в зависимости от климатических и почвенно-грунтовых условий территорий. Для Карагандинского региона: мятлик луговой, овсяница красная и тростниковая, райграс пастбищный, полевица тонкая, житняк, кострец безостый, донник желтый и белый, горчица, люцерна и питательные вещества (минеральные и органические удобрения), а также влагоудерживающие компоненты. При закреплении грунтов от эрозионных поверхностей в качестве основного материала используются семена трав. Удобрение почвы происходит за счет разложения природных волокон, что в свою очередь содействует хорошему росту растений. В исследованиях данной работы биоматы применялись на откосах дамб и на пылящих пляжах хвостохранилищ. С целью изучения возможности снижения пыления нарушенных территорий и рекультивации нарушенных земель проведены лабораторные испытания четырех видов биоматов (KGS, KSE1, KSE2, KGB (соответствует КГС, КСЕ1, КСЕ2, КГБ)) на техногенных субстратах. Анализировались временной период всхожести семян и плотность их произрастания. В ходе исследования задачей было выявить приживаемость биоматов на различных техногенных субстратах хвостохранилищ, в том числе с откосов дамб, как в лабораторных, так и естественных условиях.

В качестве техногенных субстратов были взяты: скальный грунт, пульпа, золошлак, почва (контрольный образец) (рис. 4.14). Наблюдения фиксировались 1 раз в 7 дней. Для приближения лабораторных условий к естественным природным условиям Жезказганского региона производили не сильно обильный полив: 1 раз в 10 дней. Наблюдения фиксировались в таблице А.1 (Приложение А). В таблице фиксировались: дата полива и появления первых ростков; количество (первых ростков, а в дальнейшем количество на см^2); высота, цвет, вид ростков. В таблице 4.9 приведены площади лабораторных испытательных образцов.



а) грунт (контрольный образец)



б) скальный грунт



в) пульпа

г) золошлак

Рисунок 4.14 - Испытательные образцы биоматов на различных грунтах (фото автора)

Таблица 4.9 Площади испытательных образцов в лабораторных условиях (составлена автором)

Наименование биоматов	Площадь образцов, см ²			
	Почва	Скала	Пульпа	Золошлак
KGS	300	198	225	184
KSE (1 обр.)	288	198	225	247,25
KSE (2 обр.)	240	198	225	201,25
KGB	195,5	195,5	195,5	195,5

Первые всходы были зафиксированы 30.12.2020 года на «контрольном образце» (почве) (рис. 4.15): биомат KGS – 2 ростка; биомат KSE (1 обр.) – 3 ростка в виде травинки; биомат KSE – 5 ростков в виде травинки.

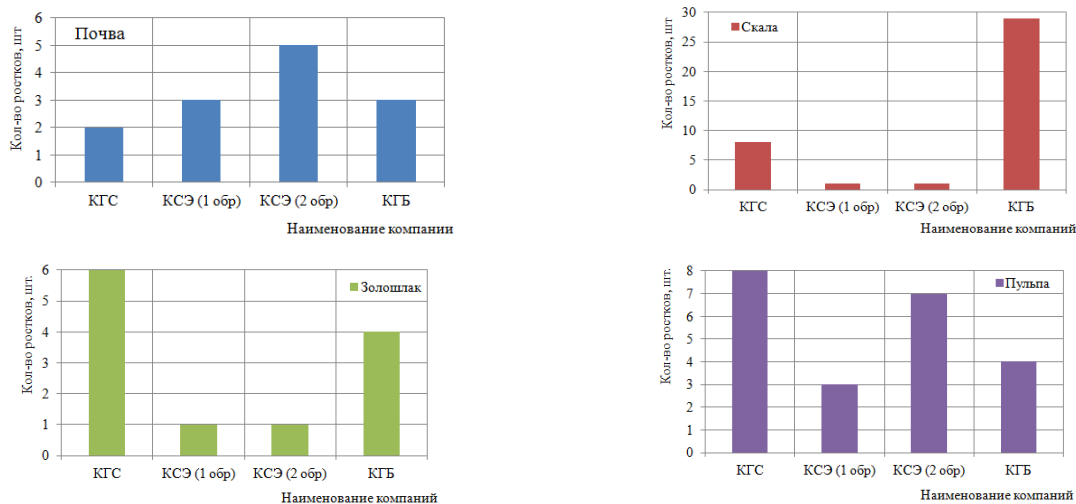


Рисунок 4.15 - Количество первых ростков на биоматах

На исследуемых техногенных грунтах первые ростки появились:

- на золошлаке, покрытом биоматом KGS – 6 ростков; на золошлаке, покрытом биоматом KSE (2 обр.) – 1 росток;
- на пульпе, покрытой биоматом KSE (1 обр.) – 3 ростка;
- на пульпе, покрытой биоматом KGS – 8 ростков;
- на пульпе, покрытой биоматом KSE (2 обр.) – 1 росток;
- на золошлаке, покрытом биоматом KSE (1 обр.) – 1 росток;
- на скальном грунте, покрытом биоматом KGS – 8 ростков; на скальном грунте, покрытом биоматом KSE (1 обр.) – 1 росток; на скальном грунте, покрытом биоматом KSE (2 обр.) – 1 росток (рис 4.16).



а) KGS

б) KSE (1 обр)

в) KSE (2 обр)

Рисунок 4.16 - Первые ростки на биоматах, исследуемых на скальном грунте (фото автора)

На рисунке 4.17 представлен график по дням появления первых ростков в зависимости от субстрата и анализируемого биомата.

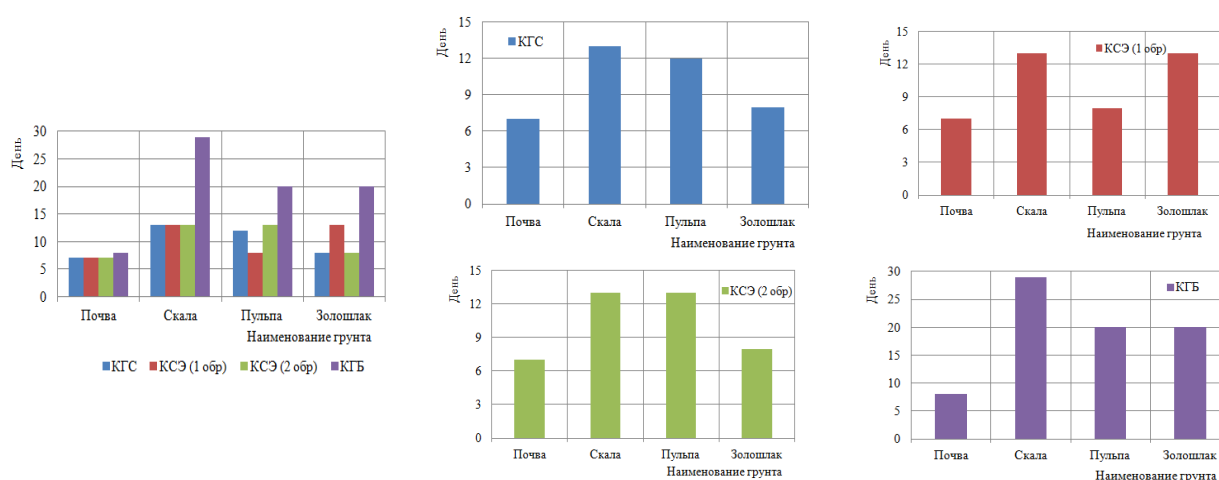


Рисунок 4.17 - Время прорастания биоматов

Анализ рисунка 4.17 показывает, что:

- равномерная всхожесть появления первых ростков наблюдается у биоматов на почве, первые ростки появлялись на 7 – 8 день после первого полива;
- самый максимальный день всхожести первых ростков наблюдается у биоматов KGB, первые ростки появляются на 20 – 29 день на техногенных грунтах;
- на скале первые ростки появились на 13 день (биоматы KGS, KSE (1 обр. и 2 обр.)), на 29 день появились на биомате KGB;
- на пульпе первые ростки появились на 8 день (биомат KSE (1 обр.)), на 12 день (биомат KGS), на 13 день (биомат KSE (2 обр.)) и на 20 день (биомат KGB);
- на золошлаке первые ростки появились на 8 день (биоматы KGS и KSE (2 обр.)), на 13 день (биомат KSE (1 обр.)), на 20 день (биомат KGB).

Анализ всхожести первых ростков при использовании биоматов на техногенных субстратах показал (рис. 4.18):

- на 8 – 13 день характерно для биоматов KGS, KSE (1 обр. и 2 обр.); на 20 – 29 день на биоматах KGB;

- на скальном грунте практически нулевая (всхожесть 2 шт. за весь период эксперимента) у биомата KSE (2 обр.) (рис. 4.19, 4.20);

- наблюдается малый вегетационный период растений биоматов KGB вне зависимости от типа грунта: на скальном грунте – 44 дня, на пульпе – 71 день, на золошлаке – 43 дня;

- вегетационный период растений биоматов KGS составляет: на скальном грунте – 79 дней, на пульпе – 104 дня, на золошлаке – 110 дней;

- вегетационный период растений биоматов KSE (1 обр) составляет: на скальном грунте – 70 дней, на пульпе – 87 дней, на золошлаке – 93 дня;

- вегетационный период растений биоматов на почве составляет: KGS – 116 дней (по 18.04.21 включительно), KSE (1 обр.) – 116 дней (по 18.04.21 включительно), KSE (2 обр) – 116 дней (по 18.04.21 включительно), KGB – 81 день (по 18.04.21 включительно).

Анализ показывает (рис.4.18), что пик всхожести достигается:

- на скальном грунте на 30 – 42 день; на пульпе – 42 – 56 день; на золошлаке – 36 – 49 день.

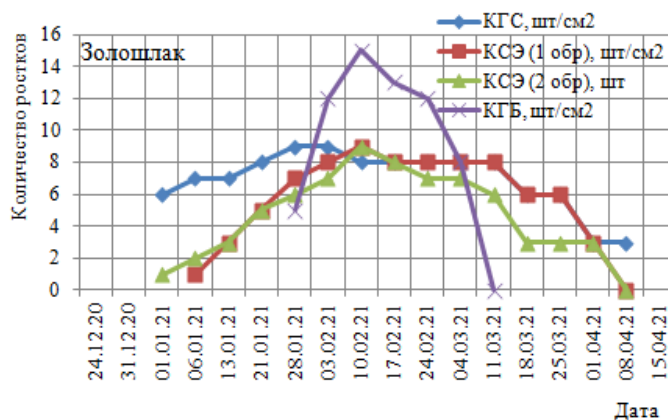
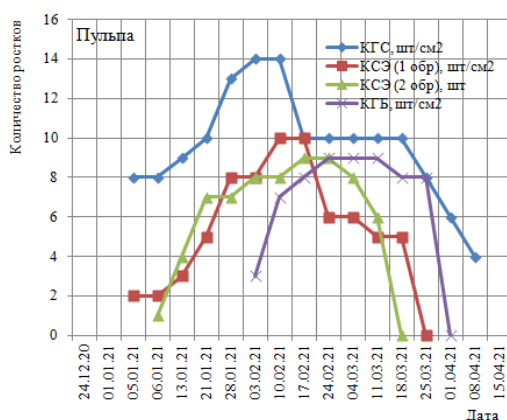
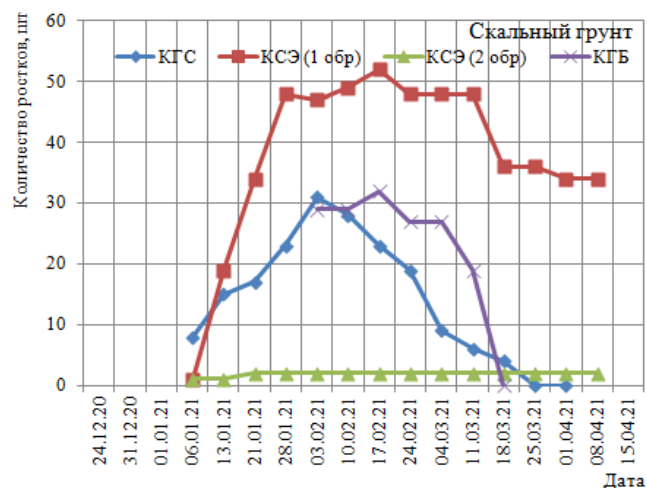
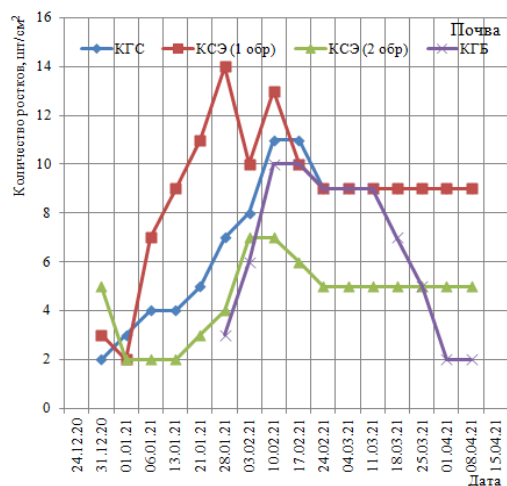


Рисунок 4.18 - Количество ростков на различных грунтах (почва, скальный грунт, пульпа, золошлак)

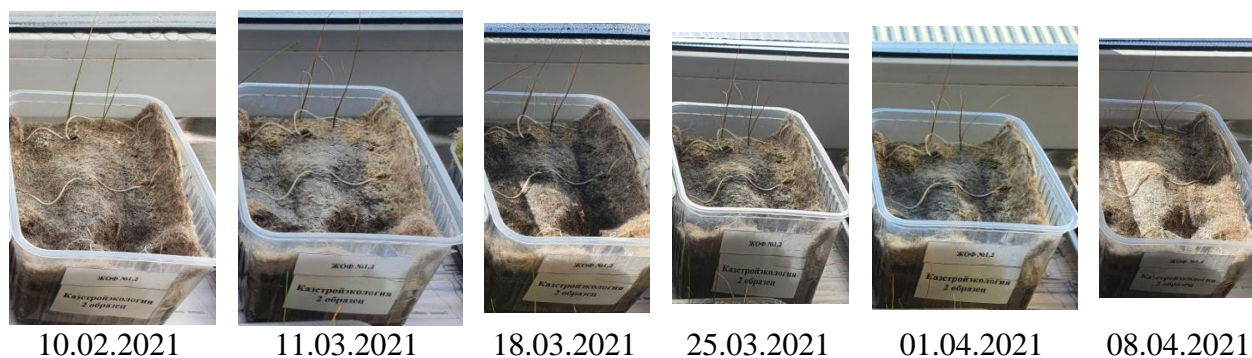


Рисунок 4.19 - Всхожесть ростков на скальном грунте биомата KSE
(фото автора)

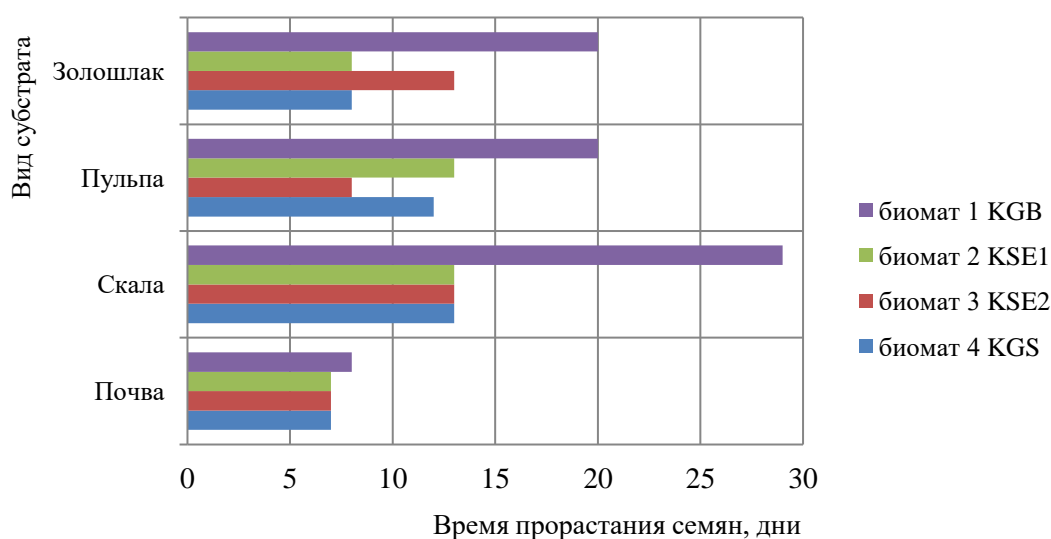


Рисунок 4.20 – Время прорастания семян на рекультивируемых субстратах с применением различных видов биоматов

На рисунках 4.17, 4.18, 4.20 приведены графики роста растений за вегетационный период. Анализ графиков показывает, что:

- на скальном грунте наибольший рост растений достигается на биоматах KSE (1 обр.) и KSE (2 обр.);
- на пульпе наибольший рост растений наблюдается на биомате KGS;
- на золошлаке лучший результат по росту растений зафиксирован на биомате KSE (1 обр.).

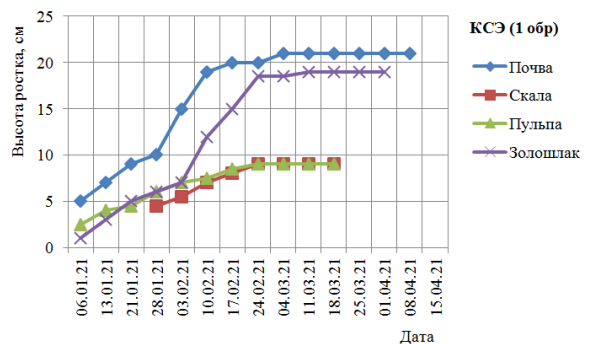
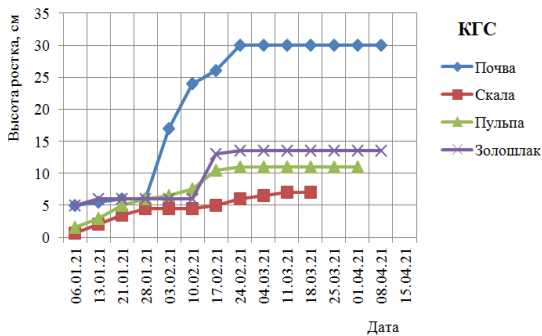
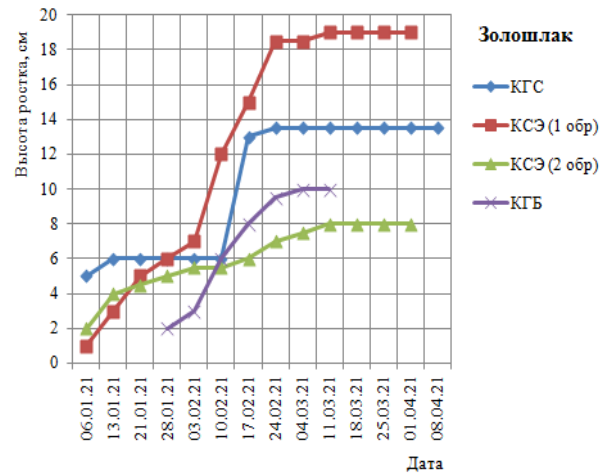
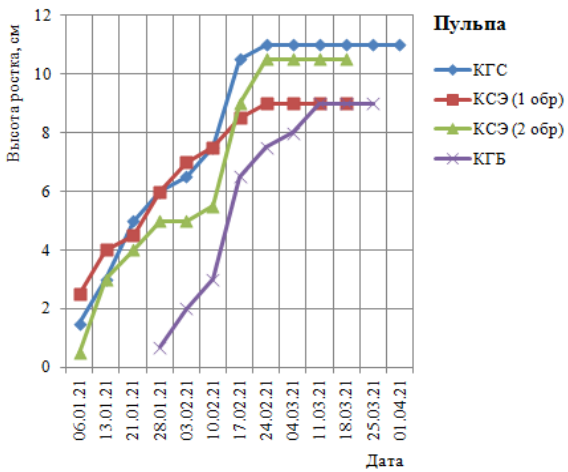
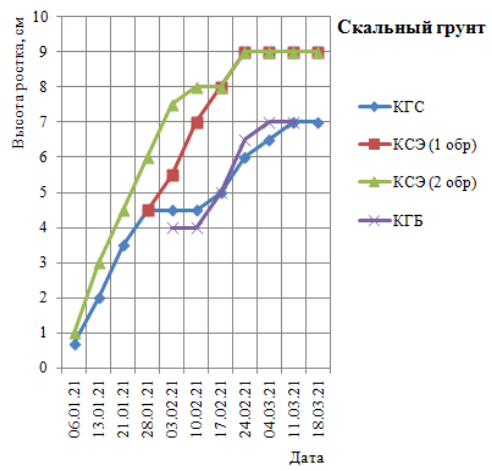
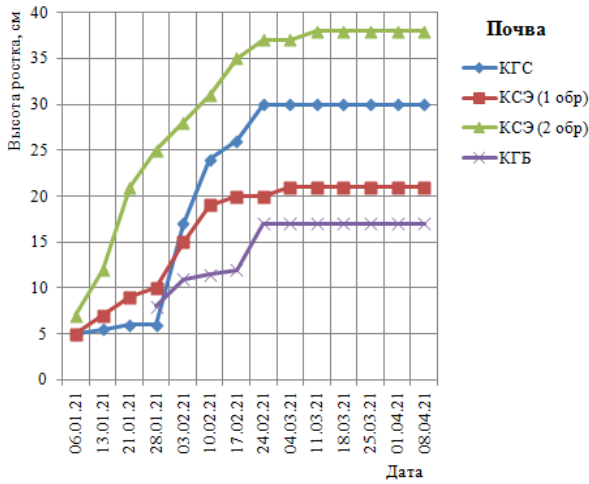
Анализ показывает, что на «контрольном образце» (почве) конечная высота растений варьируется в пределах 17 – 38 см (усредненное значение 27,5 см), а на техногенных грунтах 7 – 19 (усредненное значение 13 см). Анализ усредненных значений роста растений показывает, что на техногенных грунтах высота в 2 раза меньше, чем на контрольном образце (рис.4.18).

Лабораторные исследования показали, что скорость прорастания, в основном зависит от субстрата, на котором располагались биоматы (рис. 4.21, 4.22):

- на золошлаке первые ростки появились в среднем на 12 день;
- на пульпе первые ростки появились - на 13 день;

- на скальном грунте - на 17 день;
- равномерная всхожесть первых ростков наблюдается на почве в среднем на 7 день после первого полива.

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



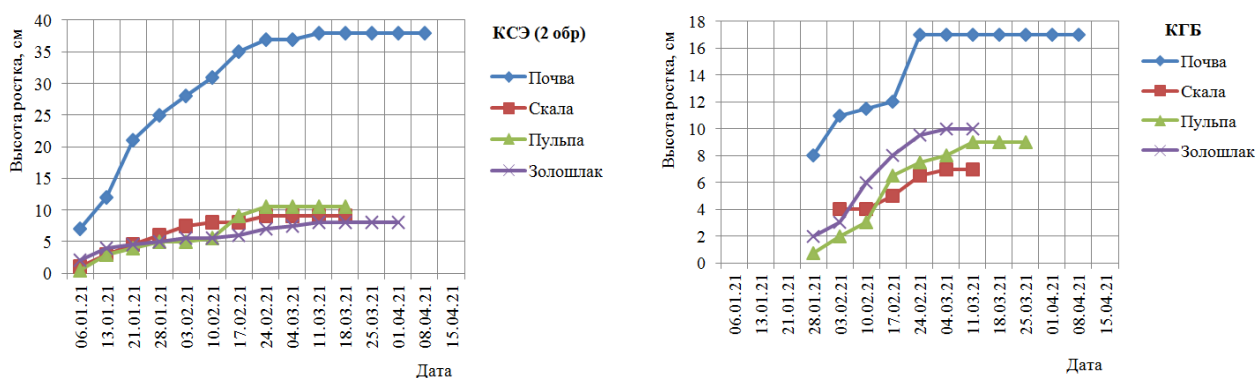
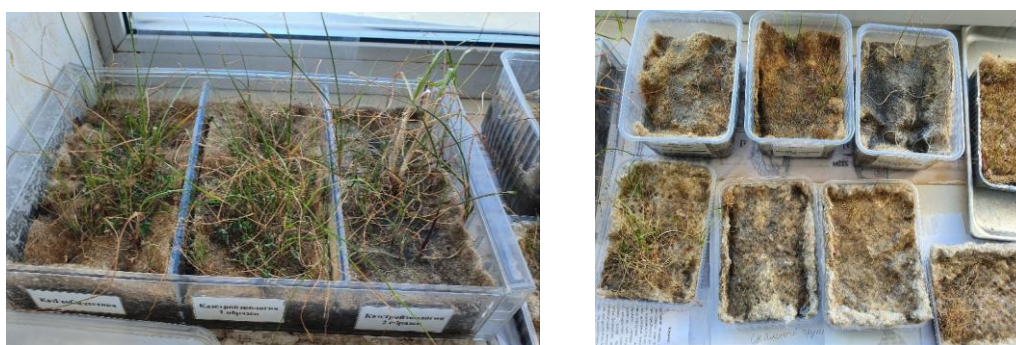


Рисунок 4.21 - Динамика роста растений



а) на почве

б) на техногенном грунте

Рисунок 4.22 – Скорость прорастания семян (фото автора)

Для исследования биоматов как способа снижения пылеобразования и возможности замены отсутствующего плодородного слоя почвы на участках рекультивации, были выбраны три участка: 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 120 м²; 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 держалась на таком уровне в течение всего лета.

Опытно-промышленным испытаниям были подвергнуты биоматы KGS на исследуемых хвостохранилищах с подбором семян многолетних трав и питательной смесью. Размер одного рулона биомата KGS составляет 1,6×25 м (40 м²). Всего в испытаниях было использовано 9 рулонов (360 м²).

Контролируемым показателем эффективности использования биоматов является степень произрастания семян по количеству ростков и их высоте.

Технологическая карта укладки биоматов включает в себя: раскладка биоматов без нахлеста, стык в стык; закрепление биоматов; присыпка тонким слоем грунта; полив уложенного участка водой из расчета 2 л/м².

Для оценки возможности использования биоматов 28 июня 2021 года на пляже хвостохранилища I расстелили 120 м² биоматов у подножия насыпи (рис. 4.23). Техногенный субстрат, на котором были расстелены биоматы, представлен скальными породами. Укрепили полотно с помощью деревян-

ных колышек, произвели полив. На следующий день 29 июня 2021 года (температура воздуха $+32^{\circ}\text{C}$) был произведен полив еще раз для более качественного промачивания семян биомата. На пляже хвостохранилища II 29 июня 2021 года расстелили 240 м^2 биоматов: на пляже (120 м^2) и на откосе (120 м^2) (рис. 4.24). Техногенный грунт, на котором были расстелены биоматы, представлен смесью золы и хвостов. Укрепили полотно с помощью деревянных колышек, сверху присыпали тонким слоем техногенного грунта, произвели полив (рис. 4.25). На следующий день был произведен повторный полив для более качественного промачивания семян биомата. Климатическая характеристика: температура воздуха $+36^{\circ}\text{C}$, скорость ветра 5 м/с , солнечно.



Рисунок 4.23 - Биоматы у подножия насыпи хвостохранилища I (фото автора)



Рисунок 4.24 - Биоматы на ложе и ближе к дамбе (к откосу) хвостохранилища II (фото автора)



а) на откосе



б) на пляже

Рисунок 4.25 - Биоматы на хвостохранилище II (фото автора)

За летний период с 28 июня по 28 августа 2021 года опытно-промышленных испытаний биоматов в условиях хвостохранилищ произвели их полив 5 раз. Дождевых осадков не было. Осмотр состояния биоматов KGS на хвостохранилищах был проведен 22.09.2021 года. В ходе осмотра не было зафиксировано прорастания растений, поверхность биоматов сухая, однако наблюдалась местами высохшая корневая система (рис.4.26). На единичном участке отмечались небольшие ростки, однако из-за отсутствия влаги дальнейшего их роста не было.



а) практически неизменная поверхность биомата в приближенном рассмотрении



б), в) отсутствие прорастания на всей площади поверхности биомата
Рисунок 4.26 - Биоматы у подножия насыпи хвостохранилища I (фото автора)

Одним из предположений, является то, что для достижения положительного эффекта можно использовать в качестве накопителя влаги гидрогель внутри биомата. Гидрогель, представляющий собой полимер, обладающий способностью поглощать, удерживать, аккумулировать воду и питательные вещества при этом передавая их растениям. Гидрогель не токсичен, до 5 лет сохраняет свои свойства при высоких и низких температурах. По истечении срока службы распадается на углекислый газ, воду, азот и калийные соли.

При наличии воды гидрогель набухает, превращаясь в желеобразную массу, которая добавляется в грунты для растений. При этом он поддерживает оптимальный баланс влаги, дольше сохраняет удобрения в почве и позволяет растениям эффективнее их усваивать. Сокращает частоту полива на 50%, что целесообразно для засушливых регионов. Улучшает структуру и рыхлость грунта, защищая его от пересыхания и растрескивания. Для сажен-

цев кустарников при озеленении достаточно 5 – 10 грамм на 15 – 20 литров воды.

Для улучшения состояния почв рационально применение биогумуса (вермикомпоста), получаемого в результате переработки дождевыми червями навоза или биологических отходов. Биогумус позволяет улучшить почвы, снизить наличие химических веществ в них. Обладает влагоемкостью (удерживая порядка 70% воды), содержит питательные вещества, которые не вымываются, действует порядка 5 лет. Увеличивает приживаемость растений и ускоряет прорастание семян.

Был проведен эксперимент с добавлением гидрогеля для проращивания трав (рис.4.27).



Рисунок 4.27 - Биоматы с использованием гидрогеля (фото автора)

Для испытания гидрогеля применялась смесь трав: райграс пастбищный – 15 %; овсяница красная – 25 %; овсяница тростниковая – 55 %; мятлик луговой – 5 %. Травы, входящие в смесь, хорошо прорастают в условиях недостаточного увлажнения, на засушливых участках и солнечных местах, хорошо переносят холода. Начало эксперимента – 29 июня 2021 года. Температура воздуха + 28 °С, скорость ветра 4 м/с. Полив осуществлялся 1 раз в 7 – 10 дней. В качестве техногенного субстрата использовали золу (рис. 4.28), пульпу и скальный грунт.



а) пульпа



б) зола



в) скала

Рисунок 4.28 - Посадка смеси семян (фото автора)

Согласно полученным исследованиям подтверждается, что необходимо постоянное наличие влаги.

Исследование биоматов на различных грунтах показало, что их применение целесообразно с учетом следующих условий:

1. Биоматы могут восполнить отсутствие плодородного слоя почвы, при этом наблюдается различная скорость прорастания семян биоматов на различных грунтах.

2. Биоматы допустимо применять только на отработанных участках хвостохранилища, в качестве рекультивации, либо на откосах накопителя, т.е. там, где уже не будет производиться накопление отходов.

3. Биоматы практически не продуктивны на скале. Отмечается незначительное произрастание трав на пульпе. Наилучший результат зафиксирован при применении на золошлаковых отходах.

4. Участки хвостохранилища, подлежащие рекультивации, следует отсыпать золошлаковыми отходами перед укладкой биоматов.

5. Биоматы для лучшего произрастания трав нуждаются в поливе. При этом важно отметить, что набор трав в биоматах, целесообразно варьировать в зависимости от климатической зоны.

По результатам мониторинга в период испытаний (с июня по октябрь 2021г.) отмечено, что незначительное прорастание травы только на третьем участке. Для повышения эффективности процесса рекультивации необходимо изменение некоторых условий: 1) биоматы в этом регионе нуждаются в обильном поливе; 2) использованный в процессе испытаний техногенный грунт 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 использовать при конечной рекультивации либо на откосах дамб. Наиболее приемлемо смешивать почву с субстратом хвостохранилища, на котором помимо хвостов обогащения имеются золошлаковые отходы. Предварительное перепахивание поверхности хвостохранилища и смешивание с естественным субстратом или с иловыми осадками коммунальных сточных вод перед укладкой биоматов позволит создать условия для самомелиорации субстрата в корневом слое.

При сельскохозяйственной рекультивации в первые 2 – 3 года предпочтительно возделывание посевов многолетних бобовых трав. В последующие годы в травостой могут вводиться многолетние злаковые травы (тимофеевка, овсяница луговая, кострец безостый). В качестве сидеральных (повышающих плодородие почв) культур могут использоваться посевы озимой ржи и однолетних бобово-злаковых травосмесей. Учитывая состав отходов на хвостохранилищах необходимо проведение биоремедиации. Посадка бобовых позволит снизить фитотоксичность субстратов. Метод фитоэкстракции заключается в выращивании определенных видов растений на техногенных грунтах, который дает положительные результаты по очистке почв от соединений меди, цинка и никеля, а также кобальтовых, свинцовых, марганцевых, цинковых и хромовых соединений. Некоторые зеленые насаждения обладают свойством накапливания, например, таких элементов, как цинк, никель, медь до 5%, т.е. в десятки раз больше, чем обычные растения. К таким растениям можно отнести семейство крестоцветных (горчица). Хорошим аккумулятором для свинца, меди, никеля является горчица, также для свинца – амброзия и кукуруза. Житняк сибирский также может применяться для рекультивации

земель, т.к. является морозостойким, обладает способностью закреплять сыпучие поверхности. Достоинством использования горчицы является:

- простота использования: семена не нуждаются в подготовке, достаточно распределить их по участку;
- устойчивость к низким температурам;
- наличие в составе эфирных масел: препятствуют распространению целого ряда наиболее опасных болезней растений, защищают от многих вредителей;
- способность защищать участки от ветровой и водной эрозии;
- способность обеспечивать рыхление и аэрацию почвы с помощью корневой системы; корневая система горчицы, проникая до глубины 1,5 м, значительно улучшает структуру почвы.

Лучшим сроком посадки является ранняя весна; осенью рекомендуется проводить посадку для замены непринявшихся кустарников или деревьев. Для степей по степени биологической устойчивости (очень высокая, высокая, умеренная, низкая) вполне пригодными являются (Типовые технологические схемы рекультивации техногенных ландшафтов, 1993):

- акация белая (*лат. Robinia pseudoacacia*) из семейства Бобовых для укрепления склонов и ветрозащитной функции, засухоустойчива и очень светолюбива, выдерживает значительное засоление и пески;
- береза бородавчатая (*лат. Betula pendula*) из семейства Березовых, засухоустойчива, к почве нетребовательна, легко заселяет пустующие территории;
- вяз мелколистный (*лат. Ulmus parvifolia*), семейства Вязовые, довольно засухоустойчив;
- тополь дрожащий (осина) (*лат. Tremula*) семейства Ивовых, малотребовательна к почвам, засухоустойчива, растет на засоленных почвах в степи;
- акация желтая (*лат. Caragana arborescens*) семейства Бобовых, не требовательна к составу почв, произрастает на склонах;
- шиповник (*лат. Rosa*) семейства Розовые, засухоустойчив, нетребователен к почве, быстро разрастается.

Для приживаемости зеленых насаждений при проведении рекультивации необходимо обеспечить формирование почвообразующего фактора на техногенных субстратах. Корневая система насаждений закрепляет пылящий слой накопителя тем самым недопускает развитие эрозионных процессов и пыления.

Рекомендуемые направления восстановления ландшафтов после горнодобывающей деятельности представлены в таблице 4.10. Предложенные варианты составлены с учетом природных особенностей, исторического загрязнения, времени и способа отработки месторождений полезных ископаемых.

Таблица 4.10 Направление реабилитации нарушенных земель

Тип месторождения	Угольное	Рудное и отвалы обогащения		
	Степная	Степная	Полупустынная	Пустынная
Направление восстановления	Модифицированный ландшафт: водоем, рекреационная зона (туристическое обслуживание), лесонасаждения	Модифицированный ландшафт: пастбища, водоем	Земли сельскохозяйственного направления: многолетние насаждения, пастбища, природно-познавательный туризм	Санитарно-гигиеническое направление: законсервированные участки (земли запаса), противозерозионные насаждения
Сопутствующие элементы	+-	+	+	+
Историческое загрязнение, геохимические аномалии (ГХА)	+-	+	+	+
Гидрогеологический режим (обводненность)	+	+	-	-
Длительность отработки	+	+	+	+
Вид рельефа:				
провалы	+	+	+	+
карьеры	+	+	+	+
отвалы	+	+	+	+
Вид техногенного грунта:				
Пустая порода	+	+	-	+
Пульпа	-	-	+	-
Зола	+	-	+	-
Скальный грунт	-	-	+	-
Социальный аспект	+	+-	+	-

«+» - присутствуют; «+-» - присутствуют в небольшом количестве; «-» - отсутствуют

Восстановленные участки будут представлять собой буферные зоны для улучшения, компенсации и зеленого развития региона, т.е. будут выступать в качестве экологического каркаса (Пономарев, 2012). Экологический каркас позволит предотвратить деградацию компонентов окружающей среды, упорядочить экономическую и социальную деятельность региона.

Одним из направлений природопользования может стать формирование пастбищных земель и/или туризма и спорта (конный спорт), что послужит положительным примером восстановления техногенных территорий, позволит населению убедиться в реальной возможности снижения негативного воздействия предприятий по добыче и переработке полезных ископаемых. Также будет способствовать активному отдыху населения, получению знаний о Сары-Арке с опытом природовосстановительной работы в регионе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволили выявить экологические особенности воздействия горнодобывающей промышленности на окружающую среду и обосновать оптимальное решение для восстановления нарушенных горными работами земель на примере рудных и угольного месторождений Карагандинской области Республики Казахстан.

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 фиторазнообразием 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.

Список литературы

1. Авессаломова И.А. Экологическая оценка ландшафтов. Учеб.пособие // И.А. Авессаломова. – М.: Изд-во Московского университета, 1992. – 89 с.
2. Айруни А.А. Охрана окружающей среды при подземной добыче угля // А.А. Айруни. – М.: ЦНИЭИуголь, 1979. - 48 с.
3. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия. Учебник // В.А. Алексеенко. - М.: Логос, 2000. - 627 с.
4. Алексеенко В.А. Эколого-геохимические изменения в биосфере. Развитие, оценка // В.А. Алексеенко. - М.: Логос, 2006. - 520 с.
5. Антоненко Н.А., Дергунов Д.В. Использование методов биоиндикации в повышении эффективности рекультивации земель, нарушенных горными работами / Н.А. Антоненко, Д.В. Дергунов // Известия Тульского государственного университета. – 2017. – №3. – С.3-16.
6. Анянова Е.В., Крайнова Т.С., Воронов М.П. Проблема рекультивации земель, нарушенных в процессе угледобычи / Е.В. Анянова, Т.С. Крайнова, М.П. Воронов // Biological sciences. - 2016. - №3. - С. 36 – 46.
7. Афанасьев И.И. Обеспыливание на дробильных и обоганительных фабриках / И.И. Афанасьев, Ф.И. Данченко, Ю.И. Пирогов. – М.: Недра, 1989. – 197 с.
8. Байтулин И.О., Байтулин А.И., Богачев В.П. Экология Республики Казахстан // И.О. Байтулин, А.И. Байтулин, В.П. Богачев. – Алматы: НАН РК, 2005. – 134 с.
9. Банчева А.И., Алексеева Н.Н. Геоэкологическая оценка о.Хоккайдо / А.И. Банчева, Н.Н. Алексеева // Вестник Московского университета. – 2017. - Сер. 5. Геогр. №3. – С. 34 - 41.
10. Брагина П.С. Самовозгорание угольных отвалов в Кемеровской области / П.С. Брагина // Вестник Кузбасской государственной педагогической академии. – 2013. - № 4(29). - С. 57-64.
11. Брыжко В.Г. Восстановление нарушенных земель в условиях крупного города / В.Г. Брыжко // Фундаментальные исследования. - 2016. - № 6-1. - С. 134-138.
12. Будина Т. Ю. Рекультивация земель при различных видах работ / Т.Ю. Будина // Справочник эколога. - 2013. - № 3. - С.35–38.
13. Бутовецкий В.С. Охрана природы при обогащении углей. Справочник // В.С. Бутовецкий. – М.: Недра, 1991 . – 231 с.
14. Васильев П.В., Рыбак В.Л., Егорова Т.А. Методика оценки воздействия породных отвалов шахт на окружающую среду и мероприятия по их локализации / П.В. Васильев, В.Л. Рыбак, Т.А. Егорова // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. - 2016. – Вып.2. – С.3-18.
15. Васючков Ю.Ф. Биотехнология горных работ // Ю.Ф. Васючков. - М.: Горная книга, 2011. - 351 с.

16. Веселовский В.С. Физические основы самовозгорания угля и руд / В.С. Веселовский, Л.П. Виноградова, Е.А. Терпогосова. – М.: Наука, 1972. – 273с.
17. Водолеев А.С., Андреева О.С., Захарова М.А., Таргаева Е.Е. Реабилитация техногенно – нарушенных территорий агломерационного производства / А.С. Водолеев, О.С. Андреева, М.А. Захарова, Е.Е. Таргаева // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. - 2018. - №8. - С.92-98 Doi: 10.32339/0135-5910-2018-8-92-98
18. Ворошилов Г.А. Техногенные аварии как следствие невыполнения проектных решений по промышленной и экологической безопасности / Г.А. Ворошилов // Горный журнал Казахстана. – 2012. - №9. – С.37-40.
19. Вылегжанина Е.Е. Восстановление нарушенных земель: мировой правовой опыт / Е.Е. Вылегжанина // Журнал Российского права. – 2002. - №6.- С.141 – 148.
20. Галанина Т.В., Любимова К.В. Экологические последствия техногенного воздействия при проведении горных работ / Т.В. Галанина, К.В. Любимова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – № 12. – С. 207-209.
21. Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР, Том 5. Угольные бассейны и месторождения Казахстана. Книга 1. Бассейны и месторождения палеозойского возраста / под ред. М.В.Голицын, Л.Ф.Думлер, И.В. Орлов. - М.: Недра, 1973. – 720 с.
22. Глазовская М.А., Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям // М.А. Глазовская. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. – 107 с.
23. Голубев Г.Н. Геоэкология. Учебник для студентов высших учебных заведений // Г.Н. Голубев. - М.: Изд-во ГЕОС, 1999. – 338с.
24. Голубев Г.Н. Глобальные изменения в экосфере. Учебное пособие // Г.Н. Голубев. – М.: Изд-во Желдориздат, 2002.-365с.
25. Гончарова Т.Г. Роль целевых показателей качества окружающей среды в обеспечении экологической безопасности населения / Т.Г. Гончарова, Н.А. Яковлева, Е.С. Лимешкина, О.Н. Мельник, Е.Ю. Смирнова, В.П. Идрисова // Вестник КазНУ, Серия биологическая. – 2011. - №3(48). – С.59-62.
26. Гранкин М.С., Хамзин Б.С. Экологические проблемы, связанные с добычей и переработкой полезных ископаемых / М.С.Гранкин, Б.С. Хамзин // Геология и охрана недр Казахстана. – 2002. - №2. - С.21-24.
27. Грин А.М., Ключев Н.Н., Мухина Л.И. Геоэкологический анализ // Известия РАН. Серия: География. 1995. № 3. С. 21-30.
28. Дебелая И.Д., Кочережко Е.А. Геоэкологический анализ – эффективный метод оценки экологического состояния территории в районах добычи минерального сырья // Вестник ТОГУ. 2009. №. 2. С. 15.
29. Демьяненко А.Н. Развитие России глазами страноведа (о книге А. И. Трейвиша «Город, район, страна и мир») / А.Н.Демьяненко // Пространственная экономика. -2010.- №3.- С. 155-172.

30. Дьяконов К.Н., Дончева А.В. Экологическое проектирование и экспертиза: Учебник для вузов// К.Н.Дьяконов, А.В.Дончева.- М.: Аспект Пресс, 2002. – 384 с.
31. Зотеев О.В. Обоснование технологии захоронения отходов обогащения медно-цинковых руд, обеспечивающих защиту окружающей среды и возможность повторной переработки / О.В. Зотеев, Т.К. Костерова, М.Г. Морозов, Н.В. Рудницкая // Горный информационно - аналитический бюллетень. - 2004. - № 5. - С. 85 - 90.
32. Ивашкина И.В., Кочуров Б.И. Урбоэкодиагностика и сбалансированное развитие Москвы: монография // И.В. Ивашкина, Б.И. Кочуров. - М.: ИНФРА - М, 2017. -203 с.
33. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение // В.Б.Ильин. – М.: Изд. Наука, 1991. - 152 с.
34. Иманкулов Ж.И. Оценка риска для здоровья населения как важные критерий целевых показателей качества окружающей среды / Ж.И. Иманкулов, А.А.Корчевский, Е.С.Лимешкина, Т.Г.Гончарова, Н.А.Яковлева, С.И.Альмурзаева // Журнал проблем эволюции открытых систем. – 2009.- Вып.11, Т. 1. – С.97-112.
35. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование: учеб. Пособие // А.Г.Исаченко.- М.: Высшая школа, 1991.- 366 с.
36. Исаченко А.Г. Оптимизация природной среды (географический аспект) // А.Г.Исаченко.- М.: Мысль, 1980. - 264 с.
37. Казаков Л.К. Устойчивость и динамика ландшафтов, как факторы природопользования / Л.К. Казаков // Сборник статей «Рациональное природопользование: теория, практика, образование». – М.: Географический факультет МГУ, 2012. – С.40 - 49.
38. Калаева С.З., Богданов С.М., Лукин Н.О., Огер А.А. Породные отвалы угольных шахт России / С.З. Калаева, С.М. Богданов, Н.О. Лукин, А.А. Огер / Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. - 2016. – С.3-22.
39. Каренов Р.С. Приоритеты стратегии индустриально-инновационного развития горнодобывающей промышленности Казахстана // Р.С. Каренов. - Астана: Изд-во КазУЭФМТ, 2010. – 539 с.
40. Козлов В.Н., Кудрявцев С.С., Цешковская Е.А. К вопросу о введении единого подхода к классификации химически опасных объектов в РК / В.Н. Козлов, С.С. Кудрявцев, Е.А. Цешковская // Мониторинг наука и технологии. – 2018. - №3(36). - С.34-42.
41. Комащенко В.И. Влияние деятельности геологоразведочной и горнодобывающей промышленности на окружающую среду // В.И.Комащенко. — М.: Изд.-во КДУ, 2010. – 353с.
42. Косолапов О.В. Типизация воздействий, оказываемых на окружающую среду при разработке месторождений полезных ископаемых / О.В. Косолапов // Известия Уральского государственного горного университета.- 2014.- №2(34). - С.54-60.

43. Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов // П.А. Коузов. - Л.: Химия, 1987. - 264 с.
44. Кочуров Б.И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории [Электронный ресурс].-URL: https://www.studmed.ru/view/kochurov-bi-geoekologiya-ekodiagnostika-i-ekologo-hozyaystvennyy-balans-territorii_a3edda1fd4b.html.
45. Кочуров Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие, Учебное пособие // Б.И. Кочуров.- М.: НИЦ Инфра – М, - 2018, 362 с.
46. Кошелева Н.Е., Тимофеев И.В., Касимов Н.С. Распределение тяжелых металлов и металлоидов в почвенных катенах горнопромышленных ландшафтов на примере Закаменска (Россия) и Эрдэнэта (Монголия) / Н.Е. Кошелева, И.В. Тимофеев, Н.С. Касимов // Вестник МГУ.-2019.-№2.-С.16-32.
47. Кравцова В.И., Чалова Е.Р. Экосистемы современной дельты Хуанхэ на разных этапах её формирования: исследование по космическим снимкам / В.И.Кравцова, Е.Р.Чалова // Геоинформатика. -2016.-№ 4.- С. 56-66.
48. Краснов Е.В., Романчук А.Ю. Основы природопользования: учеб. пособие. -Калининград: Изд-во РГУ им. И. Канта, 2009.- 190 с.
49. Курманкожаев, А. Особенности проведения горно-экологического мониторинга и его задачи в горном производстве / А. Курманкожаев, А.С. Сейдалы, К.А. Сейдалы // Труды ИГД им. Д.А. Кунаева. Алматы.- 2004. ч. II. Т. 68. - 283 с.
50. Курчин Г.С. Проблемы экологии при добыче нерудных строительных материалов в России / Г.С. Курчин, Е.П. Волков, Е.В. Зайцева, А.К. Кирсанов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6.- URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=10500> (дата обращения: 16.01.2022).
51. Ливчак И.Ф. Инженерная защита и управление развитием окружающей среды // И.Ф. Ливчак. – М.: Колос, 2001. – 159 с.
52. Ливчак И.Ф., Воронов Ю.В. Охрана окружающей среды // И.Ф.Ливчак, Ю.В. Воронов – М.: Стройиздат, 1988. – 191 с.
53. Ляшенко В.И., Гурин А.А. Обоснование природоохранных технологий и средств для пылеподавления поверхностей хвостохранилищ гидрометаллургического производства / В.И. Ляшенко, А.А. Гурин // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2018. - № 9. - С. 58–72.
54. Ляшенко В.И. Обоснование природоохранных технологий и средств для пылеподавления поверхностей хвостохранилищ гидрометаллургического производства и обогатительных фабрик / В.И. Ляшенко, А.А. Гурин, Ф.Ф. Топольный, Н.А. Таран // Металлургическая и горнорудная промышленность.- 2017. -№ 2. - С. 94 – 104.
55. Макаров Д.В., Светлов А.В., Горячев А.А., Кони́на О.Т., Маслобоев В.А. К проблеме пыления хвостохранилищ в связи с изменением климата на примере горного предприятия Крайнего Севера России. // ГИАБ: Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2021; (5) - С. 122 – 133.

56. Мильков Ф. Н. Рукотворные ландшафты. Рассказ об антропогенных комплексах // Ф.Н. Мильков.- М.: Мысль, 1978. - 86 с.

57. Михайленко А. В. Отвалы горнодобывающих предприятий как объекты геотуризма: перспективы и проблемы рационального природопользования / А. В. Михайленко, Д. А. Рубан // Рациональное природопользование: традиции и инновации : Материалы III Международной конференции, Москва, 20–22 октября 2022 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "ИЗДАТЕЛЬСТВО "НАУКА", 2022. – С. 66-74.

58. Мочалов В.И., Мосин С.В. Опыт работы ОАО «Михайловский ГОК» по борьбе с пылеобразованием на железорудном хвостохранилище / В.И.Мочалов, С.В.Мосин // [Электронный ресурс].-URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-raboty-oao-mihaylovskiy-gok-po-borbe-s-pyleobrazovaniem-na-zhelezorudnom-hvostohranilische/viewer> (дата обращения 04.06.2019)

59. Мячина К.В. Геоэкологический анализ и пути оптимизации ландшафтов степной зоны в условиях разработки нефтегазовых месторождений. Диссертация, 2021.

60. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и использовании природных ресурсов РК 2019, 2020, 2021 [Электронный ресурс]. – URL: <https://ecogofond.kz/orhusskaja-konvencija/dostup-k-jekologicheskoj-informacii/jekologijaly-zha-daj/r-orsha-an-ortany-zhaj-k-ji-turaly-ltty-bajandamar/> (дата обращения 01.07.2019, 10.06.2021).

61. Несговорова Н.П., Савельев В.Г., Неумывакина Н.А., Гладких Т.Н. Качество городских почв, как показатель интенсивности природопользования / Н.П. Несговорова, В.Г. Савельев, Н.А. Неумывакина, Т.Н. Гладких // Географический вестник. Экология и природопользование - 2017. -№3 (42) – С. 99 – 109.

62. Немировский А.В. Разработка метода формирования намывного хвостохранилища, устойчивого к ветровым потокам. Диссертация, 2016.

63. Немировский А.В. Влияние ветровых нагрузок на процесс пыления хвостохранилища / А.В. Немировский // Международный научный журнал «Инновационная наука». - 2015. - №11.- С. 88 – 91.

64. Никоноров А. М., Хоружая Т. А. Глобальная экология // А.М. Никоноров А. М., Т.А. Хоружая.- М.: ЗАО «Книга сервис», 2003. – 288 с.

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

66. Орлов Д.С., Васильевская В.Д. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв // Д.С.Орлов, В.Д.Васильевская. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 272 с.

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

68. Певзнер М.Е. Горная экология // М.Е.Певзнер.–М.: Изд.-во МГГУ, 2003. – 397с.
69. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта.-1999 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.geokniga.org/books/3161> (дата обращения: 12.09.2020).
70. Полянская И.Г., Юрак В.В. Сбалансированность природпользования региона. Оценка методом динамических нормативов / И.Г. Полянская, В.В. Юрак // Экономика региона. – 2018.- Т.14, вып.3.- С.851-869.
71. Пономарев А.А., Байбаков Э.И., Рубцов В.А. Экологический каркас: анализ понятий / А.А.Пономарев, Э.И.Байбаков, В.А.Рубцов // Ученые записки Казанского университета.- 2012.- Том 154, кн.3. – С. 228-238.
72. Прохоров Д.О., Сушков С.Л. Оценка экологической опасности породных отвалов угольных шахт на основе данных дистанционного зондирования / Д.О.Прохоров, С.Л.Сушков // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле.-2018.- URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-ekologicheskoy-opasnosti-porodnyh-otvalov-ugolnyh-shaht-na-osnove-dannyh-distantsionnogo-zondirovaniya/viewer> (дата обращения: 04.06.2019).
73. Птицын А.Б. Подвижность химических элементов в водных и наземных экосистемах / А.Б.Птицын, В.И.Гребенщикова, Л.В.Замана и др.// Вестник ЗабГУ.- 2014.- №8.-С.23-32.
74. Пузанов А.В., Бабошкина С.В., Робертус Ю.В., Горбачев И.В., Любимов Р.В. Формирование техногенных ландшафтов и загрязнение окружающей среды под влиянием горнодобывающих и горно-перерабатывающих предприятий Алтая / А.В. Пузанов, С.В. Бабошкина, Ю.В. Робертус, И.В.Горбачев, Р.В. Любимов // Мир науки, культуры и образования.-2007.- №1(4).- URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-tehnogennyh-landshaftov-i-zagryaznenie-okruzhayushey-sredy-pod-vliyaniem-gornodobyvayuschih-i-gorno/viewer> (дата обращения: 28.07.2019).
75. Реймерс Н.Ф. Природопользование // Н.Ф.Реймерс. – Москва.: Мысль. – 1990. – 640с.
76. Сает Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды// Ю.Е.Сает, Б.А.Ревич, Е.П.Янин.- М.: Недра, 1990. – 335 с.
77. Саксин Б.Г., Бубнова М.Б. Региональное воздействие на окружающую среду: состояние изученности и проблемы мониторинга/ Б.Г.Саксин, М.Б.Бубнова.-2007.-URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/regionalnoe-vozdeystvie-gornogo-proizvodstva-na-okruzhayuschuyu-sredu-sostoyanie-izuchennosti-i-problemy-monitoringa/viewer> (дата обращения: 04.09.2019).
78. Саксин Б.Г., Крупская Л.Т. Региональная оценка воздействия горного производства на окружающую среду / Б.Г.Саксин, Л.Т.Крупская // Горный журнал.-2005, №2.- URL:<https://www.rudmet.ru/journal/1101/article/18329/> (дата обращения: 04.04.2019).
79. Саушкин Ю.Г. Культурный ландшафт / Ю.Г. Саушкин // Вопросы географии. – 1946. – № 1. – С. 97–106.

80. Семячков А. И. Методология оценки техногенной трансформации окружающей среды под воздействием горно-металлургического комплекса // А.И. Семячков. – Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 2007. – 348 с.

81. Серых В.И. Геохимические особенности окружающей среды и здоровье населения Сары-Арки / В.И.Серых, И.В.Глухан, Б.П.Селенко. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2009. – 179 с.

82. Скольский В.А., Намятов А.А. Методические указания по проведению оценки воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду, утвержденная Вице Министром охраны окружающей среды РК // В.А.Скольский, А.А.Намятов. - Астана, 2010.-44 с.

83. Сочава В.Б. Исходные положения типизации таежных земель на ландшафтно-географической основе / В.Б. Сочава // Докл. Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока. - 1962. - Вып. 2. - С. 14–23.

84. Стоянова И.А. Эколого-экономическое обоснование системы мер по сохранению и восстановлению окружающей среды в районах закрытия угольных шахт / И.А. Стоянова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. - С. 174-195. <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologo-ekonomicheskoe-obosnovanie-sistemy-mer-po-sohraneniyu-i-vozstanovleniyu-okruzhayuschey-sredy-v-rayonah-zakrytiya-ugolnyh-shaht/viewer> (дата обращения 25.12.2019).

85. Сунгатуллин Р. Х. Экологическая геология и устойчивое развитие промышленно-урбанизированных регионов. Учебное пособие // Р.Х. Сунгатуллин. – Казань: Казанский университет, 2012. – 220 с.

86. Тарасова Ю.И. Особенности распределения формы нахождения золота, серебра и сопутствующих элементов в потоках рассеяния золото-серебряных зон Дукатского месторождения (Северо – Восток России). Диссертация, 2014.

87. Типовые технологические схемы рекультивации техногенных ландшафтов при добыче угля открытым и подземным способами, НИИ и ПКИ Охраны окружающей среды в угольной промышленности ВНИИОСуголь, 1993.- 202с.

88. Трофимов А.М., Рубцов В.А., Ермолаев О.П. Региональный гео-экологический анализ: Учебное пособие. / А.М. Трофимов, В.А. Рубцов, О.П. Ермолаев.- Казань, 2009.- 426 с.

89. Усманова Т.В., Азарова С.В. Экологические проблемы в районах размещения горнопромышленных отвалов/ Т.В.Усманова, С.В.Азарова // Современные проблемы науки и образования, - 2014 – №2-URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=12299> (дата обращения: 17.01.2019).

90. Фадеичев А. Ф., Хохряков А. В., Гревцев Н. В., Цейтлин М. В. Динамика негативного воздействия на окружающую среду на разных стадиях развития горного производства / А.Ф.Фадеичев, А.В.Хохряков, Н.В.Гревцев, М.В.Цейтлин // Горный журнал. – 2012. – №1. – С. 39 – 46.

91. Хаггетт П. География: синтез современных знаний / пер. с англ. Л.Н. Кудряшевой; ред. В.М. Гохмана и др.; предисл. Л.Р. Серебрянного.-М.: Прогресс, 1979. - 684 с.

92. Цейтлин Е.М. Исследование, оценка и оптимизация уровня экологической безопасности окружающей среды в условиях горного производства, Автореферат, ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», 2013

93. Цешковская Е.А. Анализ воздействия горнодобывающей промышленности на почвенный покров и подземные воды (на примере железорудного месторождения Бапы, Республика Казахстан) / Е.А.Цешковская, Е.И.Голубева // XXIV Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов» секция «География» ISBN978-5-317-05504-2, М.: МГУ.- 2017.- С.51-52.

94. Цешковская Е.А. Анализ техногенных ландшафтов Карагандинской области, Материалы всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти академика А.Ф.Трешникова «Трешниковские чтения 2017»/ Е.А.Цешковская, А.Т.Оралова, Ю.Д.Обухов, Н.К.Цой // Современная географическая картина мира и технологии географического образования ISBN 978-5-86046-895-6, Ульяновск: ФГБОУ ВО «УлГПУ им.Ульянова».- 2017.- С.187-189.

95. Цешковская Е.А. Влияние на воздушную среду работ по увеличению высоты отвала обогатительной фабрики / Е.А.Цешковская, А.Т.Оралова // Сборник научных трудов Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, Пермь.- 2019. - С.100-103.

96. Цешковская Е.А. Воздействие горных работ на компоненты ландшафта при разведке месторождений полезных ископаемых / Е.А.Цешковская, Е.И.Голубева // Материалы 2 Международной конференции, посвященной 30-летию кафедры рационального природопользования Географического факультета МГУ им.М.В.Ломоносова РПП: Традиции и инновации. - М.: МГУ. - 2017. - С.207-210.

97. Цешковская Е.А. Воздействие горных работ на компоненты окружающей среды при разведке и отработке месторождений полезных ископаемых / Е.А.Цешковская, Е.И.Голубева, А.Т.Оралова, Н.К.Цой // Актуальные проблемы экологии и природопользования Сборник научных трудов XVIII Всероссийской научно-практической конференции. - М.: РУДН.-2017.- С.223-228.

98. Цешковская Е.А. Воздействие горных работ на окружающую среду / Е.А. Цешковская, А.Т. Оралова, Н.К. Цой и др. – Караганда: Издательство ТОО «Санат – Полиграфия», 2020. – 58с.

99. Цешковская Е.А. Воздействие на атмосферу строительства и эксплуатации породных отвалов / Е.А.Цешковская, Е.И.Голубева, Н.К.Цой, А.Т.Оралова // Сборник III Международно-практическая конференция «Роль технических наук в развитии общества», Кемерово: Международный научно-образовательный центр КузГТУ. – 2018. - С.16-19.

100. Цешковская Е.А. Геоэкологические аспекты рекультивации нарушенных земель (на примере Карагандинской области РК) / Е.А.Цешковская, Е.И.Голубева, Н.К.Цой, А.Т.Оралова, В.В.Матонин // Сборник 19 международной научно-практической конференции Актуальные проблемы экологии и природопользования, РУДН, г.Москва. – 2018.- С.223-228.

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

102. Цешковская Е.А. Геоэкологическая оценка состояния компонентов окружающей среды в г. Караганда / Е.А.Цешковская, Е.И.Голубева, Н.К.Цой, А.Т.Оралова, В.В.Матонин // Международная научно-практическая конференция Сагиновские чтения №10, Караганда: КарГТУ. – 2018.- Ч.4. – С.318-321.

103. Цешковская Е.А. Использование фосфоросодержащего реагента при флотации медных руд / Е.А.Цешковская, Н.К.Омарова, Р.Т.Шерембаева // Сборник Труды университета.- 2017.-№2.- С.36-39.

104. Цешковская Е.А. Некоторые аспекты воздействия накопителей промышленных отходов на окружающую среду (на примере Карагандинской области Республики Казахстан) / Е.А.Цешковская, Е.И.Голубева, Н.К.Цой, А.Т.Оралова, А.Б.Шаймердинова // Сборник научных трудов XX Международной научно – практической конференции «Актуальные проблемы экологии и природопользования» РУДН.- 2019.- С.340 – 344.

105. Цешковская Е.А. Обзор техногенных ландшафтов (на примере угольного бассейна Карагандинской области) / Е.А.Цешковская, А.Т. Оралова // Труды международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №9). – 2017.- Ч 3.- С.315-317.

106. Цешковская Е.А. Охрана атмосферного воздуха от загрязнений /Е.А.Цешковская, А.Т. Оралова, Н.К. Цой и др. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2018. – 94 с.

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

108. Чайка Н.И., Иванова Н.А. Формирование водорослевых группировок на отвалах угольных шахт Донбасса, Природные ресурсы / Н.И.Чайка, Н.А.Иванова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии.-2015.–URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-vodoroslevyih-gruppirovok-na-otvalah-ugolnyh-shaht-donbassa/viewer> (дата обращения: 04.12.2019).

109. Ческидов В. И. К вопросу экологической безопасности горных работ /В.И.Ческидов, В.К.Норри, А.С.Бобыльский, А.В.Резник // Горные науки и технологии. – 2013. – № 12. – С. 273-280.

110. Чиждова В.П., Шлякова Е.С. Рекреационный потенциал ландшафтов Алтачейского заказника / В.П.Чиждова, Е.С.Шлякова // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр.- 2017.- №5.-С. 90 - 98.

111. Шаров Н.А., Дудаев Р.Р., Крищук Д.И., Лискова М.Ю. Методы пылеподавления на угольных разрезах Крайнего Севера // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. - 2019. - Т.19, № 2. - С. 184 – 200.

112. Швецова Л.В., Антюфеева Т.В. Эколого-географический анализ территории // Л.В.Швецова, Т.В.Антюфеева Учебно-методическое пособие, АлтГУ, Географический факультет.- 2018 URL:<http://elibrary.asu.ru/xmlui/bitstream/handle/asu/5573/book.pdf?sequence=3&isAllowed=y> (дата обращения 04.12.2019).

113. Шершнева А.А. «Обоснование технологии отсыпки отвала скальных вскрышных пород при складировании отходов обогащения», Красноярск, Диссертация, 2016 г.

114. Яковлева Н.А. Гигиенические аспекты разработки и мониторинга целевых показателей качества окружающей среды/Н.А.Яковлева, С.И.Альмурзаева, Е.С.Лимешкина, Б.Ы.Ибрагимова, О.А.Богомазова // Известия Самарского научного центра РАН, Том 14. – 2012.- № 5(3).- С.644 – 646.

115. Ямашкин А.А. Геоэкологический анализ состояния природно-социально-производственных систем / А. А. Ямашкин, А. В. Кирюшин, А. К. Коваленко – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2004. – 260 с.;

116. Янкевский А.В. Экологические проблемы добычи нефти и газа на шельфе Мирового океана /А.В.Янкевский, Д.Д.Ганченко, Е.В.Чернеева, В.А.Щерба//Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9.-2017.-№6 URL:<https://naukovedenie.ru/PDF/45TVN617.pdf> (дата обращения: 04.01.2019).

117. Водный кодекс Республики Казахстан РК, 2003, Доступ из ИПС Эділет (дата обращения 01.07.2021).

118. Кодекс о недрах и недропользовании РК, 2017, №125-VI.- Доступ из online.zakon.kz (дата обращения 31.08.2020).

119. Экологический кодекс Республики Казахстан: (ред. 01.01.2022). - Доступ из ИПС Эділет (дата обращения 01.07.2021).

120. Гигиенические нормативы к безопасности окружающей среды (почве): утверждены приказом Министра национальной экономики Республики Казахстан 25 июня 2015г. № 452.- Доступ из базы Эdilet (дата обращения: 04.01.2019).

121. Гигиенические нормативы к атмосферному воздуху «Об утверждении Гигиенических нормативов к атмосферному воздуху в городских и сельских населенных пунктах» утверждены приказом Министра национальной экономики Республики Казахстан 28 февраля 2015г. № 168.- Доступ из базы Эdilet (дата обращения: 04.01.2019).

122. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно-допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве.

123. ГОСТ РК 17.0.0.05-2002 Охрана природы. Открытые горные работы. Земли. Рекультивация нарушенных земель. Общие требования.

124. ГОСТ 17.2.4.05-83 (СТ СЭВ 3846-82) Атмосфера. Гравиметрический метод определения взвешенных частиц пыли.

125. ГОСТ 17.4.2.01-81 Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния.

126. ГОСТ 17.4.3.01 – 2017 Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб.

127. ГОСТ 17.4.4.02-2017 Охрана природы (ССОП). Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.

128. ГОСТ 17.5.1.02-85 Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации.

129. ГОСТ 28168-89 Государственный стандарт Союза ССР. Почвы. Отбор проб.

130. Методика выполнения измерений №02-37-2012 Определение массовой концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, в воздухе рабочей зоны, в промышленных выбросах с применением газоанализатора ГАНК-4.

131. Методика определения нормативов эмиссий в окружающую среду, утвержденная Приказом Министра ООС РК от 16.04.2012 г. №110-о (с изменениями от 8.06.2016 г. №238).- Доступ из Эділет (дата обращения 01.07.2018).

132. Методика определения нормативов эмиссий в окружающую среду, Приказ Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 10 марта 2021 года № 63 Доступ из Эділет (дата обращения 01.07.2021).

133. Методика расчета сброса ливневых стоков с территорий населенных пунктов и предприятий. – Астана, 2011. URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31096830 (дата обращения 04.06.2019).

134. Методические указания по оценки степени опасности загрязнения почвы химическими веществами, №3.01.006.97. – Доступ из базы online.zakon.kz (дата обращения: 04.01.2019).

135. Методические указания по проведению оценки воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду. – Астана, 2010. - 239с.

136. Правилами установления водоохраных зон и полос, утвержденными постановлением Правительства РК от 16.01.2004 г. № 42.

137. Приказ и.о. Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 13 августа 2021 года № 327. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 16 августа 2021 года № 23994 Об утверждении критериев оценки экологической обстановки территорий.

138. Приказ и.о. Министра здравоохранения Республики Казахстан от 11 января 2022 года № ҚР ДСМ-2 Об утверждении Санитарных правил «Санитарно-эпидемиологические тре-

бования к санитарно-защитным зонам объектов, являющихся объектами воздействия на среду обитания и здоровье человека».

139. Приказ Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 30 июля 2021 года № 280 Об утверждении Инструкции по организации и проведению экологической оценки.

140. Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 15 июня 2018 года № 239 Об утверждении Единых правил по рациональному и комплексному использованию недр.

141. РНД 03.1.0.3.01-96 Порядок нормирования объемов образования и размещения отходов производства.

142. РНД 03.3.0.4.01-96 Методические указания по определению уровня загрязнения компонентов окружающей среды токсичными веществами отходов производства и потребления.

143. РНД 03.7.0.6.06-96 Инструкции по осуществлению государственного контроля за охраной и использованием земельных ресурсов.

144. РД 39-0147098-015-90 Инструкция по контролю за состоянием почв на объектах предприятий Миннефтегазпрома.

145. РД 52.04.186-89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы.

146. РД 52.24.643-2002 Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям.

147. Санитарно-эпидемиологические требования к водоисточникам, местам водозабора для хозяйственно-питьевых целей, хозяйственно-питьевому водоснабжению и местам культурно-бытового водопользования и безопасности водных объектов» Утв. пост. Правительства РК от 18.01.2012 г. №104.

148. Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности: утверждены Приказом Министра национальной экономики Республики Казахстан от 27.02.2015г. №155. - Доступ из базы Эdilet (дата обращения: 04.01.2019).

149. Совместный приказ МЗ РК №99 от 30.01.2004 и МООС РК №21-п от 27.01.2004 Об утверждении Нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ, вредных микроорганизмов и других биологических веществ, загрязняющих почву.

150. СП РК 2.04-01-2017 Строительная климатология.

151. СТ РК 2.297-2014 «Методика выполнения измерений массовой концентрации и определения массового выброса загрязняющих веществ в отходящих газах топливо-сжигающих установок с применением газоанализаторов различных типов».

152. СТ РК 2.302-2014 Определение массовой концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, в промышленных выбросах газоанализатором.

153. СТ РК ГОСТ Р 51592-2003 Вода. Общие требования к отбору проб, Комитет по стандартизации, метрологии и сертификации Министерства индустрии и торговли РК.

154. Техническими указаниями по проектированию водоохраных зон и полос водных объектов Утв. Председателем комитета по водным ресурсам МСХ РК 21.02.2006 г.

155. KZ 07.00.01829-2013 МВИ. Качество воздуха. Измерение содержания химических веществ индикаторными трубками

156. Anna V. Mikhailenko, Dmitry A. Ruban, Vladimir A. Ermolaev, A.J. (Tom) van Loon Cadmium Pollution in the Tourism Environment / Anna V. Mikhailenko, Dmitry A. Ruban, Vladimir A. Ermolaev, A.J. (Tom) van Loon // A Literature Review, Geosciences.- 2020.-10(6), 242.- URL: <https://www.mdpi.com/2076-3263/10/6/242> (дата обращения: 04.06.2021).

157. Ahmed Z. Determination and Analysis of Desertification Process with Satellite Data Alsat-1 and Ландсат in the Algerian Steppe / Ahmed Z. // Engineering Geology for Society and Territory: Springer International Publishing.- 2015.- Vol. 2. – P.1847-1852. DOI 10.1007/978-3-319-09057-3_327.

158. Barbara J. Andersen Research in the journal Landscape Ecology 1987-2005 / Barbara J.Andersen // Landscape Ecol.- 2008.- №23.-URL: <https://www.proquest.com/openview/5be9df5407d32650a257a0d927f5cb4f/1?pq-origsite=gscholar&cbl=54617> (дата обращения: 04.06.2021).

159. Bolsunovskii A.Ya., Bondareva L.G. Tritium in Water Bodies of the Yenisei Basin in the Impact Zone of the Mining – and – Chemical Plant of the Ministry of Nuclear Power Industry of the Russian Federation // Russian Journal of Ecology. - 2005. - №36.- P.52-56.

160. Bosak P, Popovych V, Stepova K, Dudyn R. Environmental impact and toxicological properties of mine dumps of the Lviv-volyn coal basin / Bosak P, Popovych V, Stepova K, Dudyn R. // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences.-2020.- № 440.- P.48 – 54.

161. Bosak P, Popovych V, Stepova K, Marutyak S. Features of seasonal dynamics of hazardous constituents in wastewater from colliery spoil heaps of Novovolynsk mining area / Bosak P, Popovych V, Stepova K, Marutyak S. // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences.-2020.-№ 443.- P.39 – 46.

162. Bubnova M.V., Yu.A.Ozaryan Geoecological Valuation of Natural-and-Mining Engineering Systems on the South of the Far East / Bubnova M.V., Yu.A.Ozaryan // Journal of Mining Science.- 2012. - №48.- P.941-946.

163. Dale A. Bruns Macroinvertebrate response to land cover, habitat and water chemistry in mining – impacted river ecosystem: A CIS watershed analysis/ Dale A. Bruns // Aquatic Sciences.-2005.-№67.- P.403-423.

164. Duan L., Zhang L., Han C. Synthesis and application research of soluble starch graft polymer with AA/VAC as a potential sand fixing / Duan L., Zhang L., Han C. // Journal of Beijing University of Chemical Technology (Natural Science Edition). -2013.-№3.- P. 56–59.

165. Gyozo Jordan, Ahmed Abdaal Decision support methods for the environmental assessment of contamination at mining sites / Gyozo Jordan, Ahmed

Abdaal // Environmental Monitoring and Assessment.- 2013.- №185.-P.7809-7832.

166. Hickel T., Grabowski B., Körmann F., Neugebauer J. Advancing density functional theory to finite temperatures: methods and applications in steel design / Hickel T., Grabowski B., Körmann F., Neugebauer J.// Journal of Physics: Condensed Matter.- 2012.- Vol. 24.- № 5.- P.053202-1—053202-17.

167. Jiang Yu, Zhiyong Huang, Ting Chen, Deping Qin, Xiangchen Zeng, Yunfeng Huang Evaluation of ecological risk and source of heavy metals in vegetable-growing soils in Fujian province / Jiang Yu, Zhiyong Huang, Ting Chen, Deping Qin, Xiangchen Zeng, Yunfeng Huang // Environmental Earth Sciences.- 2012.-№6.-P.29-37.

168. John A. C. Fortescue Environmental Geochemistry [Электронный ресурс].-URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4612-6045-5> (дата обращения: 25.05.2020).

169. John A. Wiens Foundation papers in landscape ecology [Электронный ресурс].- URL: <https://www.worldcat.org/title/foundation-papers-in-landscape-ecology/oclc/1022722066> (дата обращения 13.09.2021).

170. Kalabin G.V. Quantitative Assessment Procedure for Environmental Conditions in the Mining and Processing Industry Areas / Kalabin G.V. // Journal of Mining Science. – 2012.- №48.- P.382-389.

171. Kiichiro Hatoyama, Yu.L. Mazurov, A.A. Pakina Engineering for Green Development: Proceedings of the 1st Russian-Japanese Collaboration Seminar for Sustainable Environment // Kiichiro Hatoyama, Yu.L. Mazurov, A.A. Pakina .- M.: MSU Publishers, 2014.-252p.

172. Kirchhoff, T., Trepl, L, Vicenzotti V. What is landscape ecology? An analysis and evaluation of six different conceptions / Kirchhoff, T., Trepl, L, Vicenzotti V. // Landscape Research online first.- 2012.- №38.- P. 33 – 51.

173. K.Weissenstein,T.Sinkala Soil Pollution with Heavy Metals in Mine Enviroments, Impact Areas of Mine Dumps Particularly of Gold-and Copper Mining Industries of Sothern Africa / K.Weissenstein,T.Sinkala // Applied Problems of Arid Lands Development.-2011.-№53.-URL: <https://link.springer.com/article/10.1134/S2079096111010082> (дата обращения: 04.04.2019).

174. Liu Y. H., Nie W., Jin Y., Ma Y., Hua Y., Cai P., Wei W. I. Solidifying dust suppressant based on modified chitosan and experimental study on its dust suppression performance / Liu Y. H., Nie W., Jin Y., Ma Y., Hua Y., Cai P., Wei W. I. // Adsorption Science and Technology.- 2017.- Vol. 36.- P. 640–654. DOI: 10.1177/0263617417713624.

175. Mainguet M. Dimensions in Space of «Desertification» or Land Degradation: Their Degree and Specificity in Each Continent / Mainguet M. // Desertification: Springer, Berlin, Heidelberg.-1991.-Vol.9.-P.42-150. (http://doi.org/10.1007/978-3-642-97253-9_3).

176. Makhzoumi J., Pungetti G. Ecological Landscape Design and Planning: The Mediterranean context // Makhzoumi J., Pungetti G.- London: Spon-Routledge, 1999.- 330 p.

177. Olwig K.R. Representation and alienation in the political land-scape / Olwig K.R. // *Cultural Geographies*.-2005.-№12(1).-P.19-40.

178. Pawan Kumar Singh, Arvind Kumar Mishra, Deepanshu Ranjan Singh A new Model of Exact Reclamation of Post-mining Land to Address Land Acquisition Problem in Indian Coal Mining Industry / Pawan Kumar Singh, Arvind Kumar Mishra, Deepanshu Ranjan Singh// *Journal of Geological Society of India*.-2017.-№89.-P.307-314.

179. Rebecca George, Varsha Joy, Aiswarya S, Priya A Jacob Treatment Methods for Contaminated Soils / Rebecca George, Varsha Joy, Aiswarya S, Priya A Jacob // *International Journal of Education and Applied Research*.-2014.-Vol.4, Issue 1.- P.17-19.

180. Reynolds J.F., Smith D.M.S., Lambin E.F., Turner B.L., Mortimore M., Batterbury S.P. Global desertification: building a science for dryland development / Reynolds J.F., Smith D.M.S., Lambin E.F., Turner B.L., Mortimore M., Batterbury S.P. // *Science*. -2007.- Vol. 316(5826).- P.847-851.

181. Ruichao Guo, Xingyuan He, Spatial variations and ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments on the upper reaches of Hun River, Northeast China. / Ruichao Guo, Xingyuan He // *Environmental Earth Sciences*.-2013.-№70.-P.1083-1090.

182. Sanderson J., Harris L.D. Landscape Ecology // Sanderson J., Harris L.D.- Florida: Lewis Publishers, 2000.-1082 p.

183. Sengar Y. Mining dust suppressants market 2025: Top key players Solenis, The Dow Chemical Company, Arclin Inc [Электронный ресурс].- URL: <https://newsfinancialanalyst.com/mining-dust-suppressants-market-2025-top-key-playerssolenis-the-dow-chemical-company-arclin-inc/> (дата обращения: 06.11.2022).

184. Shaw M.R., Huxman T.E., Lund C.P. Modern and future semi-arid and arid ecosystems. In *History of Atmospheric CO₂ and its Effects on Plants, Animals, and Ecosystems* / Shaw M.R., Huxman T.E., Lund C.P. // *Ecological Studies: Springer New York*, 2005. -Vol. 177.- P. 415-440.

185. Stuart Kirsch Sustainable Mining / Stuart Kirsch // *Dialectical Anthropology* .- 2010.-№34.-P.87-93.

186. Syed Maqbool Geelani, Bhat S.J.A., Syed Hanifa Geelani, Sham Sul Haq, Naseer Ahmad Mir, Gazala Qazi, Shahid Wani Mining and Its Impacts on Environment with Special Reference to India / Syed Maqbool Geelani, Bhat S.J.A., Syed Hanifa Geelani, Sham Sul Haq, Naseer Ahmad Mir, Gazala Qazi, Shahid Wani // *International Journal of Current Research*.-2013.-Vol.5, Issue 12.- P. 3586-3590.

187. Troll C. [Электронный ресурс].- URL: https://vsegei.ru/ru/public/sprav/geodictionary/article.php?ELEMENT_ID=45455 (дата обращения 13.09.2021).

188. Trubetskoy K.N., Yu.P.Galchenko Methodology for Estimating Promising Development Paradigm for Mineral Mining and Processing Industry/ Trubetskoy K.N., Yu.P.Galchenko // *Journal of Mining Science*.-2015.-№51.- P.407-415.

189. Wu Y., Jia J., Yang K. Study on preparation of chitosan quaternary ammonium salt and its dust suppression performance / Wu Y., Jia J., Yang K.// *Journal of Safety Science and Technology*.- 2016.- Vol. 12.- Iss. 6.- P. 60–61.

190. Xiaoping Li, Linna Feng Potential hazardous elements (PHEs) in atmospheric particulate matter (APM) in the south of Xi'an during the dust episodes of 2001–2012 (NW China): chemical fractionation, ecological and health risk assessment / Xiaoping Li, Linna Feng// *Environmental Earth Sciences*.-2014.- №71.- 4115-4126.

191. Xiuwu Zhang, Linsheng Yang, Yonghua Li, Hairong Li, Wuyi Wang, Bixiong Ye Impact of lead/zinc mining and smelting on the environment and human health in China / Xiuwu Zhang, Linsheng Yang, Yonghua Li, Hairong Li, Wuyi Wang, Bixiong Ye// *Environmental Monitoring and Assessment*.-2012.- №184.- P.2261-2273.

192. Yang X., Zhang K., Jia B., Ci L. Desertification assessment in China: An overview // *Journal of Arid Environments*. - 2005. - Vol. 63. - № 2. - P. 517-531. (<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.03.032>).

193. Yermekov M.T., Rozhkova O.V., Sandibekova S.G., Tolysbayev Ye.T., Vetyugov A.V., Turbin O.A., Belenko E.V. Industrial waste of the mining and smelting industry of Kazakhstan, landfills arrangement, efficiency and operational features // *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences*.-2020.- Vol. 6. № 444.- P.83 – 89. DOI: 10.32014/2020.2518-170X.134.

194. Ye. Tseshkovskaya, E. Golubeva, N. Tsoy, A. Oralova Some aspects of environmental impact assessment in the exploration of mineral deposits // *Сборник научных трудов Международной молодежной научно-практической конференции М.: РУДН. – 2017.- С.180-183.*

195. Ye. Tseshkovskaya, E. Golubeva, N. Tsoy, A. Oralova Technogenic impact of mining industry on environment in Karaganda region of Republic of Kazakhstan // *Известия НАН РК Серия Геология и технические науки, № 6 (438), 2019. С.85-95.*

196. Ye. Tseshkovskaya, E. Golubeva, N. Tsoy, A. Oralova, Yu. Obukhov Assessment and regulation of the urbanized territory atmospheric air condition of the Karaganda city of the Republic of Kazakhstan // *E3S Web of Conferences. Actual Problems of Ecology and Environmental Management (APEEM 2021)*.-2021.- Vol. 265. - URL:https://www.researchgate.net/publication/352095474_Assessment_and_regulation_of_the_urbanized_territory_atmospheric_air_condition_of_the_Karaganda_city_of_the_Republic_of_Kazakhstan (дата обращения 01.01.2022).

197. Ye. Tseshkovskaya, E. Golubeva, N. Tsoy, A. Oralova, Yu. Obukhov Dust suppression on the surfaces of storage device of technogenic mineral formations // *Известия НАН РК Серия Геология и технические науки. - 2022.- №2 (452).- С.230-241.*

198. Ye.Tseshkovskaya, N.Tsoy, A.Oralova, Y.Obukhov, A.Zakharov Dust suppression on industrial waste storage (on example of the waste storage of the Ulytau region) //

DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340703011> E3S Web of Conferences 407, 03011 (2023), APEEM 2023

199. Yijie Liu, Xiaoxia Pan, Ecotope-based Urban Post-industrial Landscape Design, 2014 International Conference on Environment System Science and Engineering. - [Электронный ресурс]. - URL: https://www.researchgate.net/publication/266148385_Ecotope-based_Urban_Post-industrial_Landscape_Design (дата обращения 19.09.2020).

200. Zhang H., Nie W., Wang H., Bao Q., Jin H., Liu Y. Preparation and experimental dust suppression performance characterization of a novel guar gum-modification-based environmentally-friendly degradable dust suppressant // Power Technology. -2018.- Vol. 339.- P. 314–325.

201. Zhou G., Ma Y., Fan T., Wang G. Preparation and characteristics of a multifunctional dust suppressant with agglomeration and wettability performance use in coal mine / Zhou G., Ma Y., Fan T., Wang G. // Chemical Engineering Research and Design. -2018. -Vol. 132.- P. 729–742.

202. Zhu K., Zhu P., Tan J. The preparation and performance characterization of a coal dust suppression with hydroxyl-starch / Zhu K., Zhu P., Tan J. // China Mining Magazine. 2015. -Vol. 24.-Iss. 7.- P. 145–148.

203. Акимат Карагандинской области [Электронный ресурс]. - URL: https://karaganda-region.gov.kz/rus/region_1_3 (дата обращения: 19.09.2021).

204. Акимат Нурынского района [Электронный ресурс]. - URL: <http://nurinsk.gov.kz/ru/news/id/1198> (дата обращения 01.07.2019).

205. Богатства недр Казахстана и их рациональное использование [Электронный ресурс]. - URL: <https://articlekz.com/article/8964> (дата обращения: 19.09.2021).

206. Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан [Электронный ресурс]. - URL: <https://stat.gov.kz/faces/karaganda/> (дата обращения 31.08.2020).

207. Горнодобывающая промышленность в Казахстане [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.kazportal.kz/gornodobyivayushhaya-promyishlennost-v-kazahstane/> (дата обращения: 19.09.2019).

208. Государственный климатический кадастр, 2021 [Электронный ресурс]. - URL: ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КЛИМАТИЧЕСКИЙ КАДАСТР (ecodata.kz) (дата обращения: 19.09.2021).

209. Добыча цветных металлов в Казахстане [Электронный ресурс]. - URL: <http://kazspecgeo.com/services/designing-of-mining-solid-minerals/mining-of-non-ferrous-materials.html> (дата обращения: 19.09.2021).

210. Единый экологический интернет ресурс [Электронный ресурс]. - URL: <https://ecogofond.kz/2022/03/24/44715/> (дата обращения: 19.09.2021).

211. Инициатива прозрачности добывающих отраслей [Электронный ресурс]. - URL: <https://eiti.geology.gov.kz/kz/about-us/publikatsii-v-smi/149-nedropolzovanie-2000-2015-zapasy-dobyicha-investitsii> (дата обращения: 19.09.2021).

212. Карьеры мира. Казахстан [Электронный ресурс].-URL: https://www.google.com/maps/d/viewer?msa=0&hl=ru&ie=UTF8&t=k&vpsrc=0&source=embed&z=13&mid=1zuId6YOAWEJA2EexkeQNaQ2f_Yo&ll=50.155372999999998%2C72.997971 (дата обращения 06.02.2021).

213. Минеральные ресурсы и закономерности их размещения: [Электронный ресурс].-URL: <http://www.grandars.ru/shkola/geografiya/mineralnye-resursy.html> (дата обращения: 19.09.2021).

214. Подвижные формы тяжелых металлов в почве [Электронный ресурс].-URL: (<https://industry-portal24.ru/tyazhelye-metally/4440-podvizhnye-formy-tyazhelyh-metallov-v-pochve.html>) (дата обращения 01.08.2021).

215. Терн. Посадка, размножение, уход, сорта [Электронный ресурс].-URL: <https://www.supersadovnik.ru/plant/tern-1655> (дата обращения 01.10.2022).

216. Федоровское водохранилище [Электронный ресурс].-URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Фёдоровское_водохранилище (дата обращения 01.09.2019).

217. Электронная картотека геологических отчетов [Электронный ресурс].-URL: <https://e.geology.kz/Referat/Index> (дата обращения 01.07.2019).

218. Inbusiness.kz [Электронный ресурс].-URL: <https://inbusiness.kz/ru/news/v-karagandinskoj-oblasti-rabotayut-inostrannye-razvedchiki> (дата обращения 06.02.2021).

219. Kazakhstan Business Magasine. – 2016.-№3.- URL: <http://investkz.com/journals/110/1516.html>.

220. Smart Fog Dust Suppression Systems // Smart Fog #1 Manufacturer of Intelligent Non-Wetting Industrial Humidifier. – Per.materiala firmy Smart Fog [Электронный ресурс].-URL: <http://www.smartfog.com/dust-suppression-systems.html> (дата обращения 19.09.2020).

221. Dust Tamer Wind Fence and Wind Screen Systems // Dust Solutions Inc. – Per. materiala firmy Dust Solution [Электронный ресурс].-URL: <http://www.nodust.com> (дата обращения 19.09.2020).

222. Fog Cannon Dust Suppression Systems // Wet earth Irrigation, water tanks & dust control. – Per.materiala firmy WET EARTH URL [Электронный ресурс].-<http://www.wetearth.com.au/Fog-Cannon-Airborne-Dust-Control> (дата обращения 19.09.2020).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

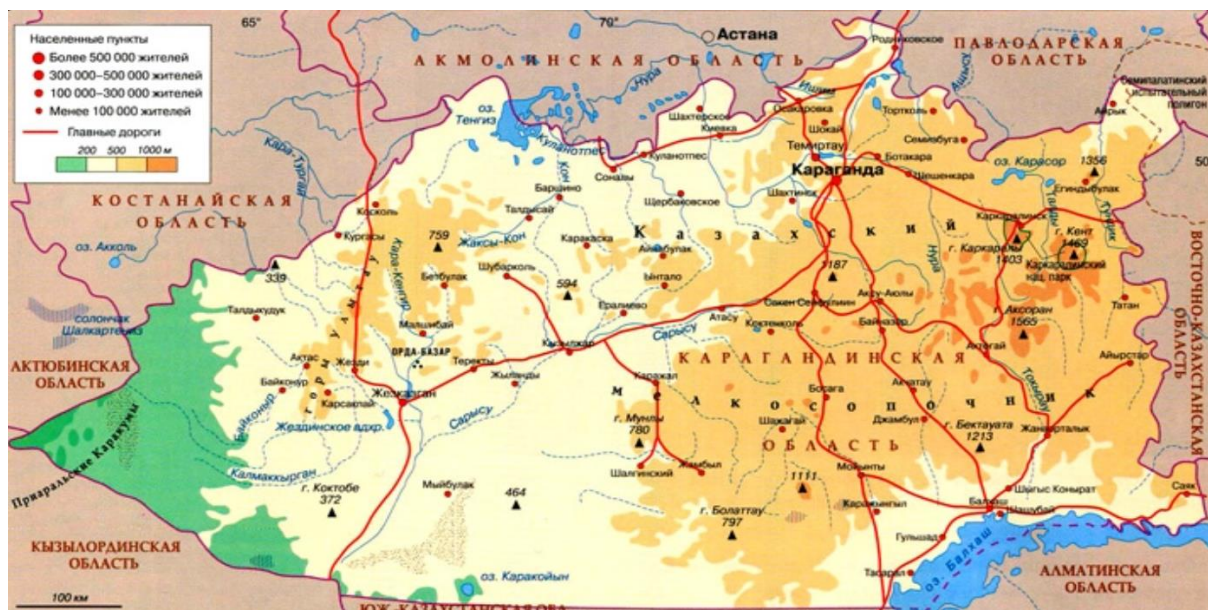


Рисунок П1.1 – Рельеф Карагандинской области
(<https://qazaqstan3d.kz/ru/place/view?id=160>)



Цвет и индекс	Природные зоны	Площадь, млн.га	%	Из них сельхозугодий, млн.га	%
I	лесостепная	0,8	0,3	0,5	0,2
II	степная	26,5	9,7	23,5	10,7
III	сухостепная	62,4	22,9	54,7	24,9
IV	полупустынная	37,2	13,7	33,9	15,4
V	пустынная	112,1	41,1	81,4	37,2
VI	предгорно-пустынно-степная	12,3	4,5	10,2	4,7
VII	субтропическая пустынная	4,4	1,6	3,8	1,7
VIII	субтропическая предгорно-пустынная	3,5	1,3	3,1	1,4
IX	среднеазиатская горная	10,1	3,7	7,1	3,2
X	южно-сибирская горная	3,2	1,2	1,4	0,6
		272,5	100	219,6	100

Рисунок П1.2 - Природные зоны Республики Казахстан (Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов РК, Министерство ЭГПР РК, 2021)

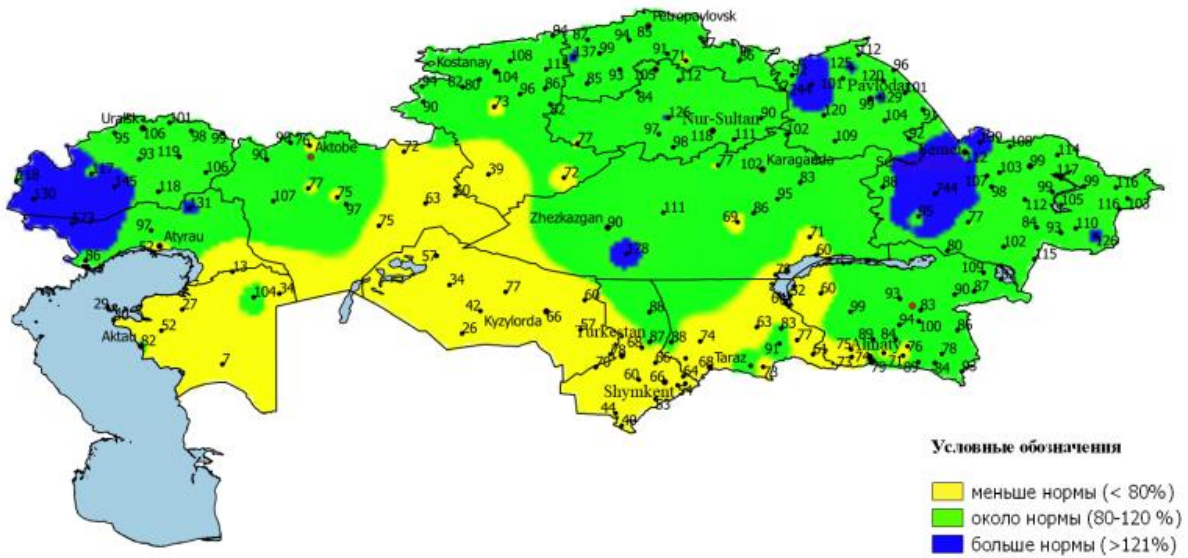


Рисунок П1.3 – Фактические аномалии количества осадков за 2021 год (Государственный климатический кадастр РК, 2021 (ecodata.kz))



Рисунок П1.4 - Почвенная карта Казахстана (https://qazaqstan3d.kz/ru/place/view?id=160)

Приложение 2

Таблица П2.1 Дневник наблюдений прорастания биоматов

Дневник наблюдений (почва)

Дата	Грунт	Полив	Кол-во всходов на S = 2см × 2см, шт/см ² (min 3 замера)	Высота ростка, см	Результаты наблюдений
24.12.20	Все	+	-	-	-
31.12.20	KGS ¹	+	2 шт, всего, первые всходы		Первые всходы появились посередине в виде травинок
	1 обр KSE ²	+	3 шт, всего, первые всходы		
	2 обр KSE	+	5 шт, всего, первые всходы		Только травинки
01.01.21	KGS		3 шт/см ²		В виде травинок
	1 обр KSE		2 шт/см ²		В виде травинок
	2 обр KSE		2 шт/см ²		В виде травинок
06.01.21	KGS	+	4 шт/см ²	Трав 5 см Лист 1 см	Всходы по центру, По 2 листочка первые (листочковые)
	1 обр KSE	+	7 шт/см ²	Трав 5 см Лист 1 см	Всходы равномерные по высоте По 2 первых листочка (листочковые)
	2 обр KSE	+	2 шт/см ²	Трав 7 см	Всходы самые равномерные по всхожести, только травинки
	КазГеоБел	Посадка + полив			
13.01.21	KGS ¹	+	4 шт/см ²	Трав 5,5 см Лист 1 см	
	1 обр KSE ²	+	9 шт/см ²	Трав 7 см Лист 1 см	
	2 обр KSE	+	2 шт/см ²	Трав 12 см	
	КазГеоБел	+			
21.01.21	KGS ¹	+	5 шт/см ²	Трав 6 см Лист 1,5 см	
	1 обр KSE ²	+	11 шт/см ²	Трав 9 см Лист 1 см	
	2 обр KSE	+	3 шт/см ²	Трав 21 см	
	КазГеоБел	+			
28.01.21	KGS ¹	+	7 шт/см ²	Трав 6 см	Всходы больше посередине в виде травинок и

Дневник наблюдений (почва)

Дата	Грунт	Полив	Кол-во всходов на $S = 2\text{см} \times 2\text{см}$, шт/см ² (min 3 замера)	Высота ростка, см	Результаты наблюдений
				Лист. 2 см	листочков
	1 обр KSE ²	+	14 шт/см ²	Трав. 10 см Лист. 2,5 см	Всходы чаще, плотнее, в виде травинок и листочков
	2 обр KSE	+	4 шт/см ²	Трав. 25 см	Всходы редкие в виде травинок более толстые стебли
	КазГеоБел	+	3 шт/см ² , первые всходы в виде травы	Трав. 8 см	Всходы в пониженной части в виде травинок
03.02.21	KGS ¹	+	8 шт/см ²	Трав. 17 см Лист. 3 см	Всходы не частые, по площади равномерные больше листочковые
	1 обр KSE ²	+	10 шт/см ²	Трав. 15 см Лист. 1,5 см	Всходы равномерные по площади и количеству, всходы частые
	2 обр KSE	+	7 шт/см ²	Трав. 28 см	Трава сочная, широкая
	КазГеоБел	+	6 шт/см ²	Трав. 11 см	Всходы только травинки в понижениях
10.02.21	KGS ¹	+	11 шт/см ²	Трав. 24 см (I вид) Трав. 12 см (II вид) Лист. 4,5 см	3 вида растений (2 вида травинок и 1 вид листочковых). Кончики травы стали подсыхать. Листочковые стали ветвиться – 3,4 ответвления
	1 обр KSE ²	+	13 шт/см ²	Трав. 19 см (I вид) Трав. 5 см (II вид) Лист. 2,5 см	Четко выражено 3 вида растений. Где есть всходы густо. Кончики подсыхают
	2 обр KSE	+	7 шт/см ²	Трав. 31 см	Только трава, сочная, мощна корневая система, единичные подсыхают кончики
	КазГеоБел	+	10 шт/см ²	Трав. 11,5 см	Всходы неравномерные, густые
17.02.21	KGS ¹	+	11 шт/см ²	Трав. 26 см (I вид) Трав. 15 см	Четко выражено 3 вида растений. Листочковые ветвятся. Кончики травинок равномерно подсыхают

Дневник наблюдений (почва)

Дата	Грунт	Полив	Кол-во всходов на $S = 2\text{см} \times 2\text{см}$, шт/см ² (min 3 замера)	Высота ростка, см	Результаты наблюдений
				(II вид) Лист. 4 см	
	1 обр KSE ²	+	10 шт/см ²	Трав. 20 см (I вид) Трав. 5 см (II вид) Лист. 3,5 см	Четко выражено 3 вида растений. Кончики маленьких травинок равномерно подсыхают. В середине всхожесть частая
	2 обр KSE	+	6 шт/см ²	Трав. 35 см (I вид) Трав. 8,5 см (II вид)	Четко выражено 2 вида растений. У одного вида очень сильная корневая система, несколько веточек выходят из одного корня
	КазГеоБел	+	10 шт/см ²	Трав. 12 см	Всходы неравномерные, густые, четко выражено 2 вида травы. Трава чахлая, подсыхает.
24.02.21	KGS	+	9 шт/см ²	Трав. 30 см (I вид) Трав. 18 (II вид) Лист. 4,5 см	3 вида растений. У листочковых 2 – 3 самостоятельные веточки. По площади – всхожесть равномерная средняя, кончики сохнут.
	1 обр KSE ²	+	9 шт/см ²	Трав. 20 см (I вид) Трав. 4 (II вид) Лист. 3,5 см	3 вида растений. У листочковых по 3 самостоятельные веточки. По площади – всхожесть густая и по высоте равномерная, кончики равномерно подсыхают.
	2 обр KSE	+	5 шт/см ²	Трав. 37 см (I вид) Трав. 7 (II вид)	Только травинки. Мощная корневая система, всхожесть в понижениях, редко стоящие растения, подсыхают
	KGB	+	9 шт/см ²	Трав. 17 см	Только трава, чахлая тонкая, сухая, подсыхает, всходы только в понижениях, занята всходами только ¼ часть площади

Дневник наблюдений (почва)

Дата	Грунт	Полив	Кол-во всходов на $S = 2\text{см} \times 2\text{см}$, шт/см ² (min 3 замера)	Высота ростка, см	Результаты наблюдений
04.03.21	KGS	+	9 шт/см ²	Трав 30 см	
	1 обр KSE ²	+	9 шт/см ²	Трав 21 см	
	2 обр KSE	+	5 шт/см ²	Трав 37 см	
	KGB	+	9 шт/см ²	Трав 17 см	
11.03.21	KGS	+	9 шт/см ²	Трав. 30 см (I вид) Трав. 14 (II вид) Лист. 5 см	В целом сохнет, чахлая, истонченная
	1 обр KSE ²	+	9 шт/см ²	Трав. 21 см (I вид) Трав. 6 (II вид) Лист. 5 см	Чахлая, истонченная, новые всходы, но очень хилые, тонкие
	2 обр KSE	+	5 шт/см ²	Трав. 38 см (I вид) Трав. 7 (II вид)	Чахлая, истонченная, 50×50 высохшая
	KGB	+	9 шт/см ²	Трав. 17 см	Тонкая, чахлая
18.03.21	KGS	+	9 шт/см ²	Трав 30 см	Высохло 50 %
	1 обр KSE ²	+	9 шт/см ²	Трав 21 см	Высохло 30 %
	2 обр KSE	+	5 шт/см ²	Трав 38 см	Высохло 40 %
	KGB	+	7 шт/см ²	Трав 17 см	Высохло 50×50
25.03.21	KGS	+	9 шт/см ²	Трав 30 см	Высохло 30 %
	1 обр KSE ²	+	9 шт/см ²	Трав 21 см	Высохло 50 %
	2 обр KSE	+	5 шт/см ²	Трав 38 см	Высохло 60 %
	KGB	+	5 шт/см ²	Трав 17 см	Высохло 80 %
01.04.21	KGS	+	9 шт/см ²	Трав 30 см	Высохло 30 %
	1 обр KSE ²	+	9 шт/см ²	Трав 21 см	Высохло 30 %
	2 обр KSE	+	5 шт/см ²	Трав 38 см	Высохло 60 %

Дневник наблюдений (почва)

Дата	Грунт	Полив	Кол-во всходов на $S = 2\text{см} \times 2\text{см}$, шт/см ² (min 3 замера)	Высота ростка, см	Результаты наблюдений
	KGB	+	2 шт/см ²	Трав 17 см	Высохло 90 %
08.04.21	KGS	+	9 шт/см ²	Трав 30 см	Высохло 30 %
	1 обр KSE ²	+	9 шт/см ²	Трав 21 см	Высохло 30 %
	2 обр KSE	+	5 шт/см ²	Трав 38 см	Высохло 60 %
	KGB	+	2 шт/см ²	Трав 17 см	Высохло 90 %
15.04.21	KGS	+			
	1 обр KSE ²	+			
	2 обр KSE	+			
	KGB	+			

Дневник наблюдений (скала, Хвостохранилище I)

Дата	Грунт	Полив	Кол-во всходов на $S = 2\text{см} \times 2\text{см}$, шт/см ² (min 3 замара)	Высота ростка, см	Наблюдения (листочки, веточки, цвет, толщина), фото обязательно
24.12.20	Все	+	-	-	-
31.12.20		+			
01.01.21					
06.01.21	KGS ¹	+	8 шт, всего, первые всходы	0,7 см	В виде травинок
	1 обр KSE ²	+	1 всход	-	Только проклевывается
	2 обр KSE		1 травинка	1 см	1 травинка между матом и стенкой горшка
	КазГеоБел	Посадка + полив			
13.01.21	KGS ¹	+	15 шт	2 см	В виде травинок
	1 обр KSE ²	+	19 шт	-	
	2 обр KSE	+	1 шт	3 см	В виде травинок
	КазГеоБел	+		-	
21.01.21	KGS ¹	+	17 шт	3,5 см	В виде травинок
	1 обр KSE ²	+	34 шт	-	
	2 обр KSE	+	2 шт	4,5 см	В виде травинок
	КазГеоБел	+			
28.01.21	KGS ¹	+	23 шт всего, только трава	Трав. 4,5 см	Всходы слабые, редкие стебель у травы тонкий
	1 обр KSE ²	+	48 шт всего, только трава	Трав. 4,5 см	Всходы более частые только в одном месте
	2 обр KSE	+	2 шт всего, трава	Трав. 6 см	Всходы между стенкой и матом и рядом еще один
	КазГеоБел	+	Нет всходов		
03.02.21	KGS ¹	+	31 шт, всего	Трав. 4,5 см	Всходы хилые, редкие
	1 обр KSE ²	+	47 шт, всего	Трав. 5,5 см	Всходы только в понижениях рельефа
	2 обр KSE	+	2 шт, всего	Трав. 7,5 см	Всего 2 всхода между матом и стенкой
	КазГеоБел	+	29 шт, всего	Трав. 4 см	Всходы только в понижениях рельефа
10.02.21	KGS ¹	+	28 шт, всего	Трав. 4,5 см	Трава чахлая, вянет
	1 обр KSE ²	+	49 шт, всего	Трав. 7 см	Всходы на кончиках вянут
	2 обр KSE	+	2 шт, всего	Трав. 8 см	Всходы на кончиках вянут

Дневник наблюдений (скала, Хвостохранилище I)

Дата	Грунт	Полив	Кол-во всходов на $S = 2\text{см} \times 2\text{см}$, шт/см ² (min 3 замeра)	Высота ростка, см	Наблюдения (листочки, веточки, цвет, толщина), фото обязательно
	КазГеоБел	+	29 шт, всего	Трав. 4 см	Всходы только в понижениях рельефа, цвет травы насыщенный
17.02.21	KGS ¹	+	23 шт, всего	Трав. 5 см (I вид) Трав. 1 см (II вид)	Четко выражено 2 вида растений (в виде травинок). Всходы чахлые, редкие, не равномерные по площади, сохнут
	1 обр KSE ²	+	52 шт Появился 1 всход в виде листочков	Трав. 8 см Лист. 1,5 см	Площадь всходов составляет 1/4 часть, всходы растут только в понижении рельефа, сохнут
	2 обр KSE	+	2 шт, всего	Трав. 8 см	В целом всходы сохнут
	КазГеоБел	+	32 шт	Трав. 5 см	Четко выражено 1 вид растений (в виде травинок). Всходы только в понижении рельефа
24.02.21	KGS ¹	+	19 шт, всего	Трав. 6 см	Только трава, появились новые всходы (в количестве 4 шт), корневая система укрепленная, подсыхает.
	1 обр KSE ²	+	48 шт 1 шт, новый всход, листочковый (похож на укроп)	Трав. 9 см	Только трава. Появился новый всход, достаточно насыщенная, корни укрепляются, всходы в понижениях в одном месте, всходы составляют 1/6 часть от площади.
	2 обр KSE	+	2 шт, всего	Трав. 9 см	На поверхности в одном месте появилась белое пятно, похожее на соль (1 см ²)
	КазГеоБел	+	27 шт	Трав. 6,5 см	Всходы в понижениях в одном месте, только трава, местами соль
04.03.021	KGS ¹	+	9	Трав. 6,5 см	
	1 обр KSE ²	+	48 шт	Трав. 9 см	
	2 обр KSE	+	2	Трав. 9 см	
	КазГеоБел	+	27 шт	Трав 7 см	
11.03.21	KGS ¹	+	6	Трав. 6,5 см	
	1 обр KSE ²	+	48 шт	Трав. 9 см	

Дневник наблюдений (скала, Хвостохранилище I)

Дата	Грунт	Полив	Кол-во всходов на S = 2см × 2см, шт/см ² (min 3 заме- ра)	Высота ростка, см	Наблюдения (листочки, веточки, цвет, толщина), фото обязательно
	2 обр KSE	+	2	Трав. 9 см	
	КазГеоБел	+	19 шт	Трав 7 см	Высохло 50 %
18.03.21	KGS ¹	+	4	Трав. 6,5 см	Высохло 80 %
	1 обр KSE ²	+	36 шт	Трав. 9 см	Высохло 50 %
	2 обр KSE	+	2	Трав. 9 см	
	КазГеоБел	+	-	-	Высохло 100 %
25.03.21	KGS	+	-	-	Высохло 100 %
	1 обр KSE ²	+	36 шт		Высохло 50 %
	2 обр KSE	+	2		
	KGB	+	-	-	-
01.04.21	KGS	+	-	-	-
	1 обр KSE ²	+	34 шт		Высохло 50 %
	2 обр KSE	+	2		
	KGB	+	-	-	-
08.04.21	KGS	+			
	1 обр KSE ²	+	34 шт		
	2 обр KSE	+			
	KGB	+			
15.04.21	KGS	+			
	1 обр KSE ²	+			
	2 обр KSE	+			
	KGB	+			

Дневник наблюдений (пульпа, Хвостохранилище I)

Дата	Грунт	Полив	Кол-во всходов на S = 2см × 2см, шт/см ² (min 3 заме- ра)	Высота ростка, см	Результаты наблюдений
24.12.20	Все	+	-	-	-
31.12.20		+			
01.01.21	KGS ¹		-		
	1 обр KSE ²		3 шт всего		Травинки
	2 обр KSE		-		
05.01.21	KGS ¹		8 шт всего, первые всходы		Травинки и листочки
	1 обр KSE ²		6 шт всего, первые всходы		Травинки
	2 обр KSE				
06.01.21	KGS ¹	+	8 шт/см ²	Трав. 1,5 см Лист 1 см	Всходы равномерные по высоте и более равно- мерные по поверхности
	1 обр KSE ²	+	2 шт/см ²	Трав 2,5 см Лист 0,3 см	Всходов мало, но всхожесть равномерная
	2 обр KSE	+	1 шт всего, первый всход	Трав 0,5 см	Травинка
	КазГеоБел	Посадка + полив			
13.01.21	KGS ¹	+	9 шт/см ²	Трав 3 см Лист 1 см	
	1 обр KSE ²	+	3 шт/см ²	Трав 4 см Лист 0,5 см	
	2 обр KSE	+	4	Трав 3 см	В виде травинок
	КазГеоБел	+	-	-	
21.01.21	KGS ¹	+	10 шт/см ²	Трав 5 см Лист 1 см	
	1 обр KSE ²	+	5 шт/см ²	Трав 4,5 см Лист 1 см	
	2 обр KSE	+	7 шт/см ²	Трав 4 см	

Дневник наблюдений (пульпа, Хвостохранилище I)

Дата	Грунт	Полив	Кол-во всходов на S = 2см × 2см, шт/см ² (min 3 заме- ра)	Высота ростка, см	Результаты наблюдений
	КазГеоБел	+	-	-	
28.01.21	KGS ¹	+	13 шт/см ²	Трав. 6 см Лист. 1 см	Всходы равномерные по высоте и поверхности, густо населенные
	1 обр KSE ²	+	8 шт/см ²	Трав. 6 см Лист. 1 см	Всхожесть равномерная, средняя по густоте
	2 обр KSE	+	7 шт, всего	Трав. 5 см	Только трава
	КазГеоБел	+	4 шт, всего. Первые всходы	Трав. 0,7 см	Только трава
03.02.21	KGS ¹	+	14 шт/см ²	Трав. 6,5 см Лист. 2 см	Всходы частые, равномерные по площади и высоте. Всходы больше в виде травинок, листочковые единичные
	1 обр KSE ²	+	8 шт/см ²	Трав. 7 см Лист. 1 см	Всходы средние, не частые, по площади и по высоте равномерные (трава+листочковые). У листочковых идет по 3-ему самостоятельному листу
	2 обр KSE	+	8 шт, всего	Трав. 5 см	Только трава
	КазГеоБел	+	3 шт/см ²	Трав. 2 см	Всходы неравномерные, редкие
10.02.21	KGS ¹	+	14 шт/см ²	Трав. 7,5 см Лист. 2 см	Всходы частые, равномерные по площади и высоте. В основном трава, равномерно засыхает
	1 обр KSE ²	+	10 шт/см ²	Трав. 7,5 см Лист. 1 см	Всходы средне редкие, равномерные по площади и высоте.
	2 обр KSE	+	8 шт, всего	Трав. 5,5 см	Только трава, подсыхает
	КазГеоБел	+	7 шт/см ²	Трав. 3 см	Всходы редкие, равномерные по площади и высоте
17.02.21	KGS ¹	+	10 шт/см ²	Трав. 10,5 см (I вид) Трав. 1,5 см (II вид)	Четко выражено 4 вида растений (2 травинки + 2 листочковые). Всходы равномерные по площади и высоте, подсыхают. У листочковых по 2-му настоящему листу, у листочковых бурые прожилки стебля и около чашечки листа
	1 обр KSE ²	+	10 шт/см ²	Трав. 8,5 см	Четко выражено 3 вида растений. Всходы рав-

Дневник наблюдений (пульпа, Хвостохранилище I)

Дата	Грунт	Полив	Кол-во всходов на S = 2см × 2см, шт/см ² (min 3 заме- ра)	Высота ростка, см	Результаты наблюдений
				(I вид) Трав. 1,3 см (II вид) Лист. 1,5 см	номерные по площади и высоте, подсыхают, бо- лее редкие. У листочковых по 2-му листу
	2 обр KSE	+	9 шт, всего	Мах. 9 см Min. 1,5 см	Всходы представлены только 1 видом (травя), хаотичные по всей площади.
	КазГеоБел	+	8 шт/см ²	Мах. 6,5 см Min. 0,5 см	Всходы представлены только 1 видом (травя), площадь всходов составляет 50 %. Появились новые всходы
24.02.21	KGS	+	10 шт/см ²	Тр. 11 см Лист. 2 см (красные) Лист. 1,5 см (зеленые)	Всходы по площади и высоте равномерные, кор- невая система у травинки укрепляется. Четко вырисовывается 3 вида травы (1 травинки и 2 листочковые)
	1 обр KSE ²	+	6 шт/см ²	Трава 9 см	Всходы по площади и высоте равномерные, бо- лее редкие, подсыхают
	2 обр KSE	+	9 шт, всего	Трава 10,5	Появился новый всход, всхожесть по всей пло- щади
	KGB	+	9 шт/см ²	Трава 7,5 см	Равномерно появились новые всходы, более вы- сокие занимают 1/2 площади. Новые всходы по- явились на второй половине лотка
04.03.21	KGS	+	10 шт/см ²	Трава 11 см	
	1 обр KSE ²	+	6 шт/см ²	Трава 9 см	
	2 обр KSE	+	8	Трава 10,5	
	KGB	+	9 шт/см ²	Трава 8 см	
11.03.21	KGS	+	10 шт/см ²	Трава 11 см	
	1 обр KSE ²	+	5 шт/см ²	Трава 9 см	
	2 обр KSE	+	6	Трава 10,5	Высохло 80 %
	KGB	+	9 шт/см ²	Трава 9 см	Высохло 30 %

Дневник наблюдений (пульпа, Хвостохранилище I)

Дата	Грунт	Полив	Кол-во всходов на S = 2см × 2см, шт/см ² (min 3 заме- ра)	Высота ростка, см	Результаты наблюдений
18.03.21	KGS	+	10 шт/см ²	Трава 11 см	Равномерно подсыхают верхушки
	1 обр KSE ²	+	5 шт/см ²	Трава 9 см	50 % высохло
	2 обр KSE	+	-	-	100 % высохло
	KGB	+	8 шт/см ²	Трава 9 см	50 % высохло
25.03.21	KGS	+	8 шт/см ²	Трава 11 см	Высохло 50 %
	1 обр KSE ²	+	-	-	Высохло 100 %
	2 обр KSE	+	-	-	-
	KGB	+	8 шт/см ²	Трава 9 см	Высохло 80 %
01.04.21	KGS	+	6 шт/см ²	Трава 11 см	Высохло 60 %
	1 обр KSE ²	+	-	-	-
	2 обр KSE	+	-	-	-
	KGB	+	-	-	Высохло 100 %
08.04.21	KGS	+	4 шт/см ²	Трава 11 см	Высохло 80 %
	1 обр KSE ²	+	-	-	-
	2 обр KSE	+	-	-	-
	KGB	+	-	-	-
15.04.21	KGS	+		Трава 11 см	Высохло 80 %
	1 обр KSE ²	+	-	-	-
	2 обр KSE	+	-	-	-
	KGB	+	-	-	-

Дневник наблюдений (золошлак, Хвостохранилище II)

Дата	Грунт	Полив	Кол-во всходов на S = 2см × 2см, шт/см ² (min 3 заме- ра)	Высота ростка, см	Результаты наблюдений
24.12.20	Все	+	-	-	-
31.12.20		+			
01.01.21	KGS ¹		6 шт всего, первые всходы	-	Травинки
	1 обр KSE ²		-		-

Дневник наблюдений (золошлак, Хвостохранилище II)

Дата	Грунт	Полив	Кол-во всходов на $S = 2\text{см} \times 2\text{см}$, шт/см ² (min 3 замeра)	Высота ростка, см	Результаты наблюдений
	2 обр KSE		1 шт всего, первый всход	1 шт, всего	Травинка
06.01.21	KGS ¹	+	7 шт/см ²	Трава 5 см Лист 1 см	Всхожесть равномерная и по листочкам, и по травинками, и по высоте, и по поверхности
	1 обр KSE ²	+	1 шт всего, первый всход	Трава 1 см	Травинка
	2 обр KSE	+	2 шт всего, первый всход	Трава 2 см	Травинка
	КазГеоБел	Посадка + полив			
13.01.21	KGS ¹	+	7 шт/см ²		
	1 обр KSE ²	+	3 шт		
	2 обр KSE	+	3 шт		
	КазГеоБел	+			
21.01.21	KGS ¹	+	8 шт/см ²		
	1 обр KSE ²	+	5		
	2 обр KSE	+	5		
	КазГеоБел	+			
28.01.21	KGS ¹	+	9 шт/см ²	Трава 12 см Лист. 2 см	Всхожесть равномерная по площади, по высоте, по видам трав (травинки + листочковые). У листочковых по самостоятельному листу
	1 обр KSE ²	+	Трав. 7 шт/см ² Лист. 4 шт всего, первые всходы	Трава 7 см Лист. 0,5 см	Всхожесть средняя, в основном в виде травинок
	2 обр KSE	+	6 шт всего, в виде травинок	Трава 5 см	Всходы тонкие, слабые
	КазГеоБел	+	5 шт, всего	Трава 2 см	Всходы тонкие, слабые
03.02.21	KGS ¹	+	9 шт/см ²	Трава 6 см	Всходы равномерные, достаточно плотные (тра-

Дневник наблюдений (золошлак, Хвостохранилище II)

Дата	Грунт	Полив	Кол-во всходов на S = 2см × 2см, шт/см ² (min 3 заме- ра)	Высота ростка, см	Результаты наблюдений
				Лист. 2 см	ва + листочковые равномерны). У листочковых по 4му самостоятельному листу
	1 обр KSE ²	+	Трав. 8 шт/см ²	Трав. 6 см Лист. 0,5 см	Всходы неравномерные по высоте (h от 2 см до 12 см). Листочковых только 5 см
	2 обр KSE	+	7 шт, всего	Трав. 4,5 см	Всходы чахлые, редкие
	КазГеоБел	+	12 шт/см ² (замер именно там, где проросла)	Трав. 3 см	Площадь прорастания составляет 1/8 часть. Всходы только в одном углу, но частые + 2 шт между бортом и матом
10.02.21	KGS ¹	+	8 шт/см ²	Трав. 6 см (I вид) Трав. 2 см (II вид)	Всхожесть равномерная по площади и высоте, подсыхает. Четко выражено 3 вида растений (2 вида травы + листочковые). У листочковых по 2 разветвления
	1 обр KSE ²	+	9 шт/см ² , (счет производили только там, где есть всходы) Лист. 4 шт, всего	Трав. 12 см (I вид) Трав. 5 см (II вид) Лист. 1 см	Всходы представлены 3 видами растений (2 вида травы + листочковые). Корневая система очень толстая у травинок одного вида
	2 обр KSE	+	9 шт, всего	Трав. 5,5 см	Всходы чахлые, редкие, подсыхают
	КазГеоБел	+	15 шт/см ² (счет производили только там, где есть всходы)		Площадь прорастания составляет 1/8 часть. Всходы только в одном углу, но частые + 3 шт между бортом и матом
17.02.21	KGS ¹	+	8 шт/см ²	Трав. 13,5 см (I вид) Трав. 1,5 см (II вид) Лист. 2,5 см	Четко выражено 3 вида растений (2 вида травы + листочковые). Всходы равномерные, достаточно частые
	1 обр KSE ²	+	8 шт/см ²	Трав. 18,5 см (I вид) Трав. 5 см (II вид)	Всходы по центру, высокие, насыщенные по цвету, крепкие, практически не сохнут

Дневник наблюдений (золошлак, Хвостохранилище II)

Дата	Грунт	Полив	Кол-во всходов на S = 2см × 2см, шт/см ² (min 3 заме- ра)	Высота ростка, см	Результаты наблюдений
				Лист. 2 см	
	2 обр KSE	+	8 шт, всего	Мах. 6 см Min. 2 см	Всходы представлены одним видом растений. Всходы по всей поверхности, чахлые, по цвету не насыщенные, в виде травинок
	КазГеоБел	+	13 шт/см ²	Трав. 9,5 см	Площадь прорастания составляет 1/8 часть. Всходы частые, тонкие практически не сохнут. Появились новые всходы между матом и стенкой
24.02.21	KGS ¹	+	8 шт/см ²	Трав. 13 см Лист. 2 см	Всхожесть по площади, высоте и видам растений равномерная, относительно густая, трава подсыхает
	1 обр KSE ²	+	8 шт/см ²	Трав 15,5 см Лист. 2 см	Трава сочная, насыщенная, у листовых (всего 5 шт) по 2 самостоятельные веточки, всхожесть в середине
	2 обр KSE	+	7 шт, всего	Трав. 7 см	Только трава, всхожесть практически по всей площади
	КазГеоБел	+	12 шт/см ²	Трав. 8 см	Всходы только на 1/8 части
04.03.21	KGS	+	8 шт/см ²		
	1 обр KSE ²	+	8 шт/см ²		
	2 обр KSE	+	7		
	KGB	+	8 шт/см ²		Высохло 50 %
11.03.21	KGS	+	8 шт/см ²		
	1 обр KSE ²	+	8 шт/см ²		
	2 обр KSE	+	6		
	KGB	+	-	-	Высохло 100 %
18.03.21	KGS	+	6 шт/см ²		Высохло 50%
	1 обр KSE ²	+	6 шт/см ²		Высохло 50 %
	2 обр KSE	+	3		Высохло 40 %
	KGB	+	-	-	Высохло 100 %

Дневник наблюдений (золошлак, Хвостохранилище II)

Дата	Грунт	Полив	Кол-во всходов на $S = 2\text{см} \times 2\text{см}$, шт/см ² (min 3 замера)	Высота ростка, см	Результаты наблюдений
25.03.21	KGS	+	6 шт/см ²		Высохло 50 %
	1 обр KSE ²	+	6 шт/см ²	-	Высохло 50 %
	2 обр KSE	+	3	-	Высохло 50 %
	KGB	+	-	-	-
01.04.21	KGS	+	3 шт/см ²	-	Высохло 80 %
	1 обр KSE ²	+	3 шт/см ²	-	Высохло 90 %
	2 обр KSE	+	3	-	Высохло 50 %
	KGB	+	-	-	-
08.04.21	KGS	+	3 шт/см ²	-	Высохло 80 %
	1 обр KSE ²	+	-	-	Высохло 100 %
	2 обр KSE	+	-	-	Высохло 100 %
	KGB	+	-	-	-
15.04.21	KGS	+		-	Высохло 20 %
	1 обр KSE ²	+		-	-
	2 обр KSE	+	-	-	-
	KGB	+	-	-	-