



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра геоэкологии, природопользования и экологической безопасности

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**На тему: Влияние разработки карьера по добыче песка на экологическое  
состояние прилегающей территории**

**Исполнитель** Гареева Ильнара Илдаровна  
(фамилия, имя, отчество)

**Руководитель** кандидат биологических наук, доцент  
(ученая степень, ученое звание)  
Рижия Елена Яновна  
(фамилия, имя, отчество)

**«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой**

(подпись)

кандидат биологических наук, доцент  
(ученая степень, ученое звание)  
Мухин Иван Андреевич  
(фамилия, имя, отчество)

«16» 06 2025 г.

Санкт-Петербург  
2025

## Содержание

Введение.....	4
Глава 1. Состояние ресурсной базы недропользования Республики Башкортостан.....	8
1.1. Основные месторождения и виды минерального сырья Республики Башкортостан.....	8
1.2. Добыча нерудных ресурсов.....	11
1.3. Влияние добычи песка и гравия на экологию Республики Башкортостан .....	13
Глава 2. Физико-географическая характеристика Туймазинского района Республики Башкортостан .....	17
2.1. Физико-географическое и экономическое положение.....	17
2.2. Климат.....	19
2.3. Геология .....	20
2.4. Почвы, растительный и животный мир .....	23
Глава 3. Объекты и методы исследования.....	27
3.1. Объекты.....	27
3.1.1 Карьер «Бульяр».....	27
3.1.2. Почвы рядом с карьером .....	32
3.1.3. Растительный покров.....	36
3.2. Методы изучения .....	37
Глава 4. Полученные результаты. ....	39
4.1 Общая характеристика содержания ТМ в почвах, прилегающих к карьеру.....	39
4.1.1. Свинец.....	40
4.1.2. Кадмий .....	41
4.1.3. Цинк.....	44
4.1.4. Марганец.....	46
4.1.5. Хром .....	47
4.1.6. Кобальт.....	49
4.1.7. Медь.....	50
4.1.8. Никель .....	52

4.2. Степень загрязнения почвы (превышение величины ПДК, кратность)	53
4.3. Индекс суммарного загрязнения почв (K <sub>сi</sub> ) и категория загрязнения исследуемых участков (Z <sub>с</sub> ) .....	55
Глава 5. Рекомендации по оптимизации работы карьера по снижению нагрузки на прилегающую территорию .....	58
Заключение.....	60
Список литературы: .....	62

## Введение

Песок на сегодняшний день остается в числе наиболее обширно добываемых ресурсов, который в больших количествах используется в строительстве, при возведении линейных сооружений, в стекольном производстве, при рекультивации и мелиорации земель, благоустройстве территорий, ландшафтном дизайне и даже в сельскохозяйственном производстве (для пескования тяжелых по гранулометрическому составу почв) [27].

Добыча песка в России осуществляется с использованием различного оборудования, в зависимости от характеристик месторождения и целей добычи. Выбор оборудования для добычи песка зависит от множества факторов, включая географические условия, геологические особенности месторождения, объем добычи и требования к качеству добытого материала [3].

Карьеры по добыче песка — это сложные производственные объекты. Существует два способа добычи песка: открытый и закрытый. Первый метод является наиболее распространённым и экономически выгодным. Он предполагает разработку карьера, где песок добывается непосредственно с поверхности земли. Этот способ подходит для месторождений с большими запасами песка и позволяет быстро и эффективно добывать значительные объёмы материала. Закрытый (гидромеханический) способ добычи песка применяется при разработке месторождений с небольшими запасами песка или при наличии сложных геологических условий. Этот метод включает в себя бурение скважин и извлечение песка через них [33].

Однако, несмотря на экономическую значимость, данный вид деятельности вызывает серьезные экологические последствия, требующие пристального внимания. Добыча песка наносит огромный вред, как почвенному покрову, так и окружающей среде. Происходит разрушение естественных экосистем, загрязнение и захламление почвенного покрова,

нарушение почвенно-растительного покрова, изменяется геологическая среда, формируются различные технологические элементы, таких как водоотводные, фильтрационные или дренажные каналы, дамбы для удержания воды, насыпи, различные обвалования, грунтовые автодороги [35].

Кроме трудностей, возникающих при разработке песчаных месторождений, существуют также сложности, связанные с эксплуатацией заброшенных карьеров. После прекращения добычи песка такие территории нередко превращаются в полигоны для захоронения промышленного и бытового мусора, а также становятся зонами стихийного образования свалок.

Открытый способ добычи ресурса приводит к антропогенному преобразованию ландшафтов на значительных площадях. Наибольший вред окружающей среде наносится близлежащим территориям из-за загрязнения воздуха пылью. Основными причинами этого являются процессы выемки и погрузки породы, проведение вскрышных работ, формирование отвалов, повторная переработка насыпного материала, а также дробление и просеивание добытого сырья. Использование крупной техники приводит к загрязнению твердыми и жидкими продуктами эксплуатации и двигателей внутреннего сгорания, а при внутрикарьерной транспортировке сырья происходит из-за двух основных факторов – выдувания частиц груза из кузова самосвала и трения колес техники о поверхность грунтовых дорог [2].

Другой негативный аспект добычи песка – вмешательство в гидрологический режим и качество вод, прилегающих к объектам. Наблюдается нарушение русел рек и берегов, повышение мутности воды, увеличение концентрации взвешенных частиц и загрязнению водоемов. Это, в свою очередь, ухудшает условия для водных организмов и делает воду непригодной для питья и хозяйственных нужд [29].

По запасам и добыче минерального сырья Башкортостан входит в число лидеров Российской Федерации. Это объясняется его особым геологическим положением - территория республики расположена в зоне сочленения Уральской складчатой системы и Русской платформы. В регионе выявлено

около 3000 месторождений и перспективных участков различных полезных ископаемых, среди которых более 200 представляют собой нефтяные и газоконденсатные залежи. В числе нерудных материалов распространены добыча глин огнеупорных и тугоплавких, известняка флюсового, магнезитов и доломитов, туфов и порфиритов, магматических пород (граниты и базальты), а также кварцевого песка и гравия [8]. В общей сложности на 2025 год выдано 64 лицензии на добычу полезных ископаемых. Из них 16 лицензий выданы для геологического изучения, разведки и добычи твёрдых полезных ископаемых, в основном песчано-гравийной смеси [4]. Наиболее крупные месторождения кварцевого песка разрабатываются «Песок ПГС Карьер», расположенном в Кармаскалинском районе, «Песчаный карьер» и «Таушка» Уфимского района.

В Туймазинском районе Республики идет разработка нефтегазового месторождения, расположенного в 7 км юго-восточнее г. Туймазы (54°33'15'' с.ш., 53°44'30'' в.д.). Также в районе идет разработка песчано-гравийных смесей, добыча глины и каолина, принадлежащих ООО «ЖЕЛЕЗОБЕТОН». Одно из них приступило к разработке карьера в 2022 году. Для недопущения негативного воздействия работы карьера на окружающую среду должен проводиться периодический экологический мониторинг: отбираться пробы почвы, воды, воздуха, растений, измеряться шум, контролироваться видовой состав животных. Для оценки степени влияния работ по добыче песка из карьера, расположенного в Туймазинском районе, на почвенный покров, была обследована территория, прилегающая к объекту добычи песка карьерным способом рядом с карьером «Бульяр» и отобраны образцы почв на расстояниях 10, 135 и 235 метров от карьера.

Цель исследования – оценка влияния разработки карьера по добыче песка на экологическое состояние прилегающей территории.

Задачи исследования:

1. Проанализировать по литературным источникам состояние ресурсной базы недропользования Республики Башкирия и ее влияния на экологическую территорию

2. Изучить особенности физико-географических характеристик карьера Туймазинский
3. Проанализировать содержание тяжелых металлов в почвогрунтах, прилегающих к карьере
4. Оценить вклад карьера на почвенно-растительный комплекс прилегающей территории по суммарному загрязнению тяжелыми металлами
5. Разработать рекомендации по оптимизации работы карьера по снижению нагрузки на прилегающую территорию

## Глава 1. Состояние ресурсной базы недропользования Республики Башкортостан

### 1.1. Основные месторождения и виды минерального сырья Республики Башкортостан

Республика Башкортостан занимает 0,8% от общей площади Российской Федерации. Географически он охватывает большую часть Южного Урала, а также прилегающие равнинные территории Предуралья и возвышенно-равнинную зону Зауралья. Протяжённость территории с севера на юг составляет около 550 километров, а с запада на восток — более 430 километров.

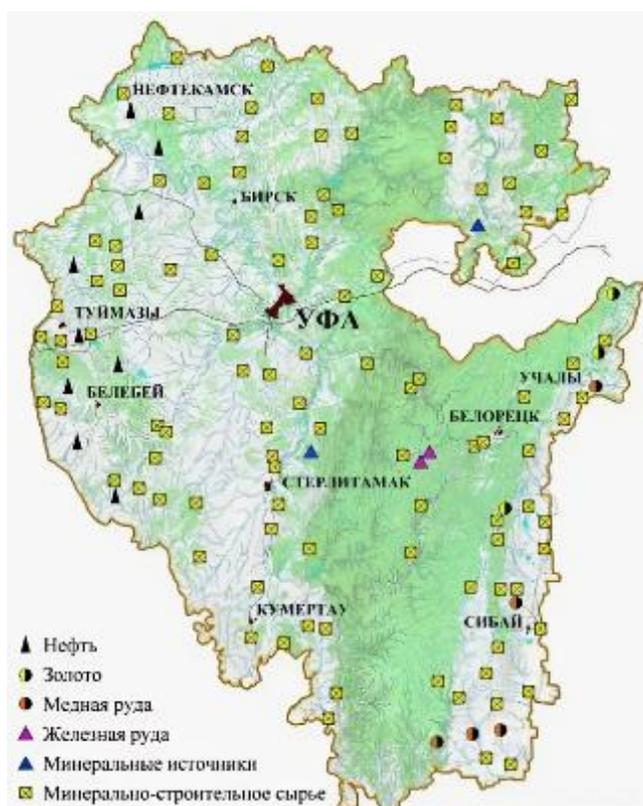


Рисунок 1 – Добыча полезных ископаемых в Республике Башкортостан.

Природные богатства Башкортостана отличаются исключительным многообразием, что объясняется особенностями его географического

расположения. Занимая промежуточное положение между Европой и Азией, регион включает несколько геологически обособленных областей: восточную оконечность Русской платформы, Предуральский краевой прогиб, складчатые структуры Уральских гор и Зауральский регион. Все эти территории обладают собственными, уникальными комплексами минерального сырья. Так, в платформенной части и Предуралье сосредоточены крупные запасы нефти и газа, тогда как в горных районах и Зауралье преобладают месторождения рудных ископаемых. Такое распределение ресурсов делает Башкортостан одним из ключевых минерально-сырьевых регионов России [9].

Башкортостан располагает значительными запасами полезных ископаемых - на его территории зарегистрировано свыше 3000 месторождений 60 различных видов минеральных ресурсов. Из них 1170 участков официально учтены в государственном реестре. На базе разведанных месторождений сформировался развитый горнопромышленный сектор, включающий предприятия нефтегазовой отрасли, металлургические комплексы (как черной, так и цветной металлургии), химические заводы и производства строительных материалов. Геологическое строение региона обуславливает специфику расположения добывающих предприятий. В недрах республики сосредоточены крупные залежи углеводородного сырья и богатые рудные месторождения, содержащие медь, золото, железо и марганец. Именно эти ресурсы определяют специализацию горнодобывающей отрасли в данной части страны [15].

Нефть в Башкирии играет ключевую роль в экономике Республики, на территории которой создана сеть мощных нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий. Главными нефтеносными районами республики являются Шкаповский, Серафимо-Балтачевский, Бавлинско-Туймазинский и Чекмагушевский нефтяные узлы. Значительные запасы углеводородов сосредоточены также в Андреевском, Арсланском и Предуральском месторождениях [14].

Помимо нефти, Республика Башкортостан занимает особое место в минерально-сырьевом комплексе, располагая 30% всех уральских запасов меди и 47% цинка и относится к числу крупнейших производителей медных и цинковых концентратов: приходится до 12-15% общероссийской и 35% уральской добычи медных концентратов, а по цинку показатель достигает впечатляющих 69% от общеуральского объема. Особую ценность местным месторождениям придает их комплексный характер – медноколчеданные руды содержат значительное количество благородных металлов. Благодаря этому республика занимает второе место на Урале по объемам золотодобычи. В аллювии реки Белой и ее притоков имеются многочисленные находки мелких кристаллов алмазов, что открывает перспективы для обнаружения источников драгоценных камней [15].

На территории Башкортостана сформировались угленосные отложения различного геологического возраста - от древних палеозойских до относительно молодых кайнозойских образований. Угленосные отложения образуют Южно-Уральский бурогольный бассейн, протянувшийся на 350 км [14].

По данным Министерства природопользования Республики Башкортостан, совокупная стоимость запасов строительных материалов в недрах Башкортостана оценивается в диапазоне 12-14 миллиардов долларов. Этот значительный ресурсный потенциал представлен 481 разведанным месторождением общераспространенных полезных ископаемых (ОПИ). На территории региона выявлено 170 месторождений кирпичных глин, тогда как керамзитовых - всего 12. Добыча гипса ведётся на 13 участках, а известняка - на 31. Основные залежи песчано-гравийных смесей (121 месторождение) сосредоточены вдоль речных долин Белой, Уфы, Дёмы, Урала, Юрюзани, Ика и Ая. При этом промышленная разработка строительных песков осуществляется лишь на 26 объектах.

С учетом дополнительных ресурсов, включающих 268 торфяных месторождений и 129 месторождений агрономических руд, общий фонд ОПИ

Башкортостана достигает 878 объектов, что создает прочную сырьевую базу для развития строительного комплекса и смежных отраслей промышленности региона. С каждым годом потребность в этих ресурсах неуклонно растет, что наглядно демонстрирует динамика добычи [24].

## 1.2. Добыча нерудных ресурсов

Нерудные стройматериалы – природные ресурсы без металлических руд в составе. Благодаря особым свойствам они незаменимы в строительстве и промышленности. В эту группу входят минералы и органические вещества, которые применяют для разнообразных строительных работ [40].

Особенностью нерудных месторождений осадочного происхождения является их относительно небольшая природная ценность при значительной глубине залегания (50–400 м) и мощности пластов (5–20 м). Эти геологические условия определяют преобладание открытого способа разработки, который, несмотря на свою экономическую эффективность, вызывает масштабные экологические нарушения.

При карьерной добыче происходит радикальное преобразование природного ландшафта: формируются обширные карьерные выемки, создаются многочисленные отвалы вскрышных пород, нарушаются гидрогеологические условия территории. Интенсивность негативного воздействия напрямую зависит от глубины залегания полезного ископаемого — чем глубже расположен разрабатываемый пласт, тем более существенными оказываются экологические последствия. В результате такой деятельности происходит необратимая трансформация природных экосистем, требующая разработки и реализации комплексных природоохранных мероприятий [19].

Вскрышные работы – это первый и важнейший этап разработки месторождений. Они включают в себя удаление пустых пород, перекрывающих полезное ископаемое, и проводятся с опережением добычных операций. Экономическая эффективность карьера во многом зависит от

правильно выбранной системы вскрыши, которая определяется геологическими условиями, мощностью залежи и рельефом местности.

Для разработки маломощной вскрыши (до 0,5 метра) на небольших карьерах наиболее эффективно использование бульдозеров. Такой способ отличается простотой организации работ и не требует сложного оборудования. Бульдозеры оптимально подходят для работы с мягкими породами при относительно небольших расстояниях транспортировки (до 100 метров).

На песчаных и песчано-гравийных месторождениях хорошие результаты показывает применение скреперов. По сравнению с традиционной транспортной схемой (экскаватор и автотранспорт), скреперная разработка позволяет существенно снизить себестоимость вскрышных работ и повысить производительность труда. Особенно эффективны скреперы при работе на горизонтальных или слабонаклонных поверхностях.

При большой мощности вскрыши (более 20 метров) наиболее рациональным становится использование роторных экскаваторов и драглайнов. Эти машины обеспечивают прямую выемку и сброс породы в отвалы, что исключает необходимость дополнительных транспортных операций. В особо сложных условиях применяются комбинированные схемы с использованием шагающих экскаваторов, транспортно-отвальных мостов или консольных отвалообразователей.

Транспортировка сырья осуществляется преимущественно автосамосвалами, однако в последнее время все шире внедряются ленточные конвейеры, которые обеспечивают непрерывность процесса. Для дальних перевозок (более 8 км) применяют железнодорожный транспорт.

Гидромеханизованная добыча обеспечивает комплексное и непрерывное выполнение операций по разработке и транспортированию материалов. Такой метод используется для вскрышных работ, а также для добычи нерудных материалов. Особенно эффективен на обводненных месторождениях, где порода размывается струей гидромонитора в виде пульпы подается на переработку или в отвал [12].

### 1.3. Влияние добычи песка и гравия на экологию Республики Башкортостан

Минерально-сырьевая база строительных полезных ископаемых является основой строительной индустрии Республики Башкортостан. В регионе числится 154 месторождения песчано-гравийной смеси и песка строительного. Наибольшие площади отведены под добычу песчано-гравийной смеси – она занимает более 2757 гектаров земель, что делает этот ресурс ключевым для местной строительной индустрии.

Гравийный материал имеет широкое применение в производстве различных видов бетона – как армированного, так и обычного. Кроме того, он активно используется при строительстве дорог. Роль песка в строительной отрасли более разнообразна. Песок служит основным заполнителем для бетонных смесей, входит в состав ячеистых бетонов, используется при изготовлении силикатного кирпича и известково-песчаных блоков. Также без песка невозможно дорожное строительство – он входит в состав асфальтобетонных смесей и применяется при обустройстве оснований дорожного полотна.

Добыча этих полезных ископаемых имеет и негативную сторону. Разработка месторождений оказывает значительное воздействие на экологию: загрязняет атмосферу, нарушает гидрологический баланс (влияет на состояние поверхностных и подземных вод), а также приводит к деградации земельных ресурсов [23].

Добыча песчано-гравийной смеси меняет естественный облик территории, образуя особый техногенный ландшафт. На начальном этапе добыча ведётся открытым способом: мощная землеройная техника удаляет верхние слои грунта, включая плодородный почвенно-растительный покров. В дальнейшем разработка месторождения переходит к гидромеханизированному способу разработки, когда порода вымывается мощными водяными струями.

Разработка месторождений песчано-гравийной смеси приводит к техногенному воздействию на земельные ресурсы, масштабы которого определяются несколькими факторами. Это площадь изымаемых земель и их целевое назначение – чем ценнее изымаемые угодья (например, сельскохозяйственные или лесные), тем значительнее экологический ущерб. В процессе добычи происходит уничтожается почвенный покров, нарушается естественная структура грунтов, а на месте прежнего рельефа образуются глубокие котлованы и насыпные отвалы. Добытый песчано-гравийный материал складывается вокруг котлованов. В процессе добычи в почву и грунтовые воды могут попадать технические жидкости, горюче-смазочные материалы и тяжелые металлы. Эти изменения носят долговременный характер и требуют тщательного экологического мониторинга, а также разработки эффективных мер по рекультивации нарушенных земель [16].

Воздействия на геологическую среду при добыче полезных ископаемых зависит от глубины разработки и от возможных осложнений (затопление подземными водами, развитие экзогенных процессов). По своему разрушительному эффекту даже небольшие карьеры площадью 5-15 гектар ничем не уступают масштабным горным работам, отличаясь только размерами зоны воздействия. Степень воздействия во многом определяется конкретным местоположением карьера и особенностями окружающего ландшафта [23].

Эксплуатация месторождений песчано-гравийных смесей вызывает целый комплекс геологических нарушений: активизацию ветровой эрозии, образование оползней и осыпей, просадку грунтов, подтопление участков и накопление техногенных отложений. Использование тяжелой техники приводит к механическому повреждению почвенного покрова, формированию на склонах глубоких борозд, которые впоследствии становятся центрами оврагообразования, постепенно захватывающими обширные площади. Добывающая деятельность оказывает значительную нагрузку на окружающую среду, выражающуюся в загрязнении водных ресурсов, почвенного слоя и аэрационной зоны производственными отходами. Масштаб воздействия на

геологическую среду пропорционален глубине разработки - усиление добычных работ усугубляет негативные последствия. Нарушение естественного ландшафта влечет за собой выход на поверхность глубинных пород, что кардинально изменяет характер протекающих химических процессов.

Открытая добыча полезных ископаемых влечет за собой последствия для атмосферы, главным образом из-за интенсивного пылеобразования и выбросов газообразных веществ. В процессе разработки карьера основными загрязнителями становятся технологические операции: выемка и погрузка породы, формирование отвалов, перемещение горной массы, а также движение транспорта по территории. Особую опасность представляет кварцевая пыль, образующаяся при добыче песка и содержащая значительное количество кристаллического диоксида кремния [16].

На карьере разработка песчано-гравийных отложений осуществляется при помощи драглайна, который выполняет выемку материала с последующей загрузкой в самосвалы КамАЗ для доставки к месту назначения. Во время транспортировки сырья по технологическим дорогам карьера отмечается активное пылевыведение, возникающее как от выдувания рыхлых частиц с поверхности перевозимого материала, так и вследствие взаимодействия колесного хода с грунтовым покрытием трасс. Степень запыленности напрямую коррелирует с такими факторами, как скорость передвижения автотранспорта, его грузоподъемность и состояние дорожного полотна. Дополнительным фактором загрязнения воздушного бассейна выступают выбросы от работающей спецтехники, включающие в себя азотистые соединения ( $\text{NO}_2$  и  $\text{NO}$ ), различные углеводородные фракции, угарный газ ( $\text{CO}$ ), сернистые соединения ( $\text{SO}_x$ ) и углеродсодержащие взвешенные частицы [23].

Основными источниками шумового загрязнения выступают работающие драглайны и грузовые автомобили, осуществляющие вывоз добытого

материала. Для минимизации шумового воздействия применяется принцип поочередной эксплуатации техники.

Влияние на животный мир проявляется в полном изъятии земель как местообитания, а также фактор беспокойства, вызванный присутствием человека, и работающей техникой. Карьерные разработки создают непреодолимые препятствия для традиционных миграционных путей животных.

На растительные сообщества оказывается воздействие в виде полного уничтожения почвенного покрова и естественного травостоя. После окончания работ предусматривается рекультивация нарушенных земель с последующим возвращением их в хозяйственный оборот в качестве пастбищных угодий или зон отдыха. Зачастую выработанные карьеры часто становятся местами несанкционированного размещения бытовых отходов, что существенно осложняет процесс восстановления экосистем [16].

## Глава 2. Физико-географическая характеристика Туймазинского района Республики Башкортостан

### 2.1. Физико-географическое и экономическое положение

Туймазинский муниципальный район занимает центральную часть Бугульминско-Белебеевской возвышенности на западе Башкортостана, представляя собой самый западный участок Восточно-Европейской равнины в пределах республики. Такое географическое положение обуславливает специфику местных природно-климатических характеристик, проявляющуюся в активном влиянии западных воздушных потоков, особенностях распределения осадков, а также выраженной пространственной дифференциации температурного режима и увлажнения. Эти природные факторы оказывают существенное влияние как на хозяйственную деятельность, так и на экологическое состояние территории.

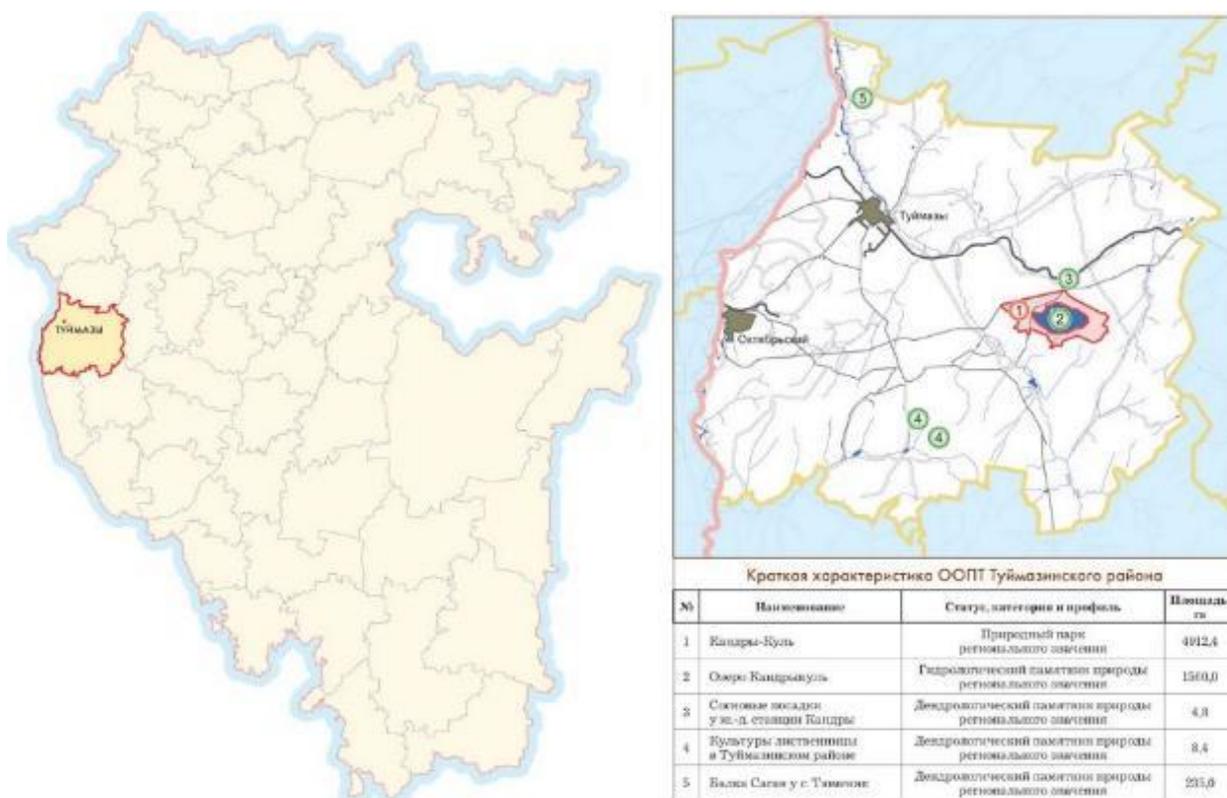


Рисунок 2 – Карта Туймазинского района.

Географически район расположен между 54 и 55 градусами северной широты, а его меридиан составляет 54 градуса восточной долготы, занимает общую площадь 240,3 тыс. гектаров. Численность населения района составляет 131,2 тысяч человек, в том числе в городе Туймазы проживает 68,3 тысяч человек. Расстояние до Уфы — 176 км.

Рельеф района преимущественно равнинный, что облегчает ведение сельского хозяйства и строительство. Территория расположена на устойчивом участке земной коры, поэтому здесь не бывает сильных землетрясений. Однако временами случаются засухи, суховеи и бураны. Весной во время разлива река Ик подтапливает населенные пункты Какрыбашево и Ильчимбетово. В целом природные и экономико-географические условия района можно назвать благоприятными [7].

Западные земли отличаются разнообразием природных богатств – от нефтяных месторождений до лесных ресурсов и залежей строительного сырья, что предопределило промышленную ориентацию территории. Сельское хозяйство здесь развивается благодаря высокому плодородию почвенного покрова, представленного преимущественно чернозёмами и серыми лесными почвами. Особое значение для экономики района имеет соседство с промышленно развитым Октябрьским, с которым сложились прочные взаимовыгодные экономические отношения.

Туймазы занимает ведущие позиции в республике по объемам промышленного и сельскохозяйственного производства, строительству жилья. Промышленность представлена предприятиями топливной, химической, нефтехимической, машиностроительной, целлюлозно-бумажной, пищевой, перерабатывающей и других отраслей. Район специализируется на возделывании зерновых культур, сахарной свеклы, подсолнечника, овощей открытого и закрытого грунта, а также на разведении молочного и мясного скота, птицеводстве. Около 30% экономики района формируется за счет малого и среднего предпринимательства, что подчеркивает его значимость в обеспечении занятости и социальной стабильности [27].

## 2.2. Климат

Суммарная солнечная радиация составляет для г. Туймазы 100 ккал/см<sup>3</sup> в год. Район характеризуется умеренно-континентальным климатом, недостаточным увлажнением и с четко выраженной сменой времен года.

Зима отличается низкими температурами, что связано с близким расположением к формирующемуся Монгольскому максимуму. Это приводит в зимний сезон к устойчивым морозам и ясной погоде. Средняя температура января составляет -15,2°, а в самые морозные периоды могут достигать -50°. Снежный покров стабильно держится на протяжении 134 дней, его средняя высота составляет 28 см. В зимний сезон выпадает порядка 103 мм осадков [18].

Летний сезон отличается засушливостью и высокой температурой. Наиболее жаркий месяц – июль, средняя температура в этот месяц достигает +19,8°, а абсолютный максимум может подниматься до +40°. Безморозный период длится примерно 123 дня. В течение вегетационного периода сумма положительных температур составляет 2070°.

Таблица 1. Характеристики климата г. Туймазы (по многолетним наблюдениям метеостанции г. Туймазы)

Месяц	Суммарная солнечная радиация, ккал/см <sup>2</sup>	Среднемесячная температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Количество осадков, мм
Январь	1,6	28	80	28
Февраль	4,0	20	81	20
Март	8,3	30	71	30
Апрель	12,2	29	54	29
Май	15,0	40	60	40
Июнь	17,3	52	72	52
Июль	15,6	63	64	63
Август	12,1	49	68	49
Сентябрь	8,2	48	67	48
Октябрь	3,9	50	83	50
Ноябрь	1,8	38	82	38
Декабрь	1,1	35	82	35
Суммарное кол-во	101,1	-	-	482

Положение района на Бугульминско-Белебеевской возвышенности сказывается на климатических условиях. Воздушные массы, проходя по расчлененной возвышенности, больше освобождаются от влаги, чем, проходя по ровной местности, поэтому в Туймазинском районе осадков выпадает меньше, чем в южной части района, имеющей большую абсолютную высоту [38].

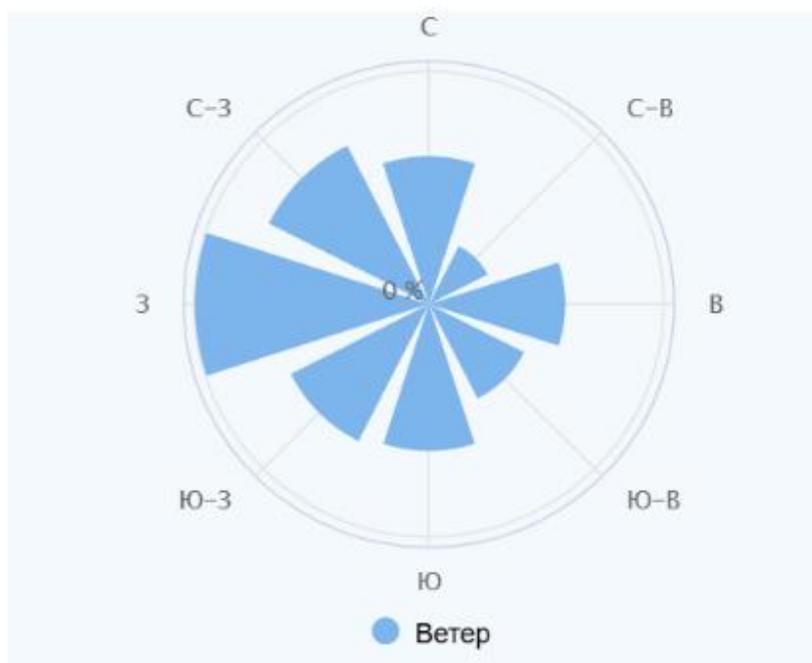


Рисунок 3 – Роза ветров города Туймазы.

Роза ветров в регионе обусловлена сезонными изменениями давления. В зимний период отмечается усиление южных воздушных потоков, а летом – увеличение северных ветров. На территории Туймазинского района средняя годовая скорость ветра составляет 3,6 м/с [10].

### 2.3. Геология

Туймазинский муниципальный округ занимает западные территории Башкортостана, представляя собой переходную зону между Восточно-Европейской равниной и Уральскими горами. Геологическое строение

территории характеризуется наличием древнего кристаллического основания, сформированного в докембрийскую эру и представленного преимущественно гранитными массивами и гнейсовыми комплексами. Над этим фундаментом сформировался мощный осадочный чехол, включающий разнообразные горные породы - от карбонатных образований (известняки и доломиты) до терригенных отложений (песчаники и аргиллиты) с включениями гипсовых пластов.



Рисунок 4 – Рельеф Туймазинского района.

Рельеф Туймазинского района представляет собой часть Бугульминско-Белебеевской возвышенности. Самая высокая точка расположена восточнее села Сайраново и достигает 372 метров. Возвышенность выполняет роль водораздела между бассейнами рек Белой, Камы и Волги.

На протяжении раннего палеозоя, территория района была сушей. В это время господствовали процессы выветривания, шло формирование осадочного чехла на протяжении палеозойской, мезозойской и кайнозойской эр. В середине палеозоя, в девонский период, на территорию наступает

морской бассейн. Именно в этот период и начинается формирование Туймазинского нефтяного месторождения [38].

На дне бывшего моря образовались известковые и глинистые отложения. В настоящее время здесь существуют карьеры, оставшиеся после добычи гипсов и доломитов; ведется добыча гипса, глины, песка и других строительных материалов.

В меловой период, после наступления нового морского бассейна, большая часть района оказалась затопленной.

В кайнозойскую эру активизировались тектонические процессы, что привело к интенсивным разломам в основании Русской платформы и поднятию отдельных её фрагментов. В результате этих геодинамических преобразований сформировалась крупная структура – Татарский свод, который стал тектоническим каркасом для Бугульминско-Белебеевской возвышенности. В геологическом строении территории преобладают осадочные толщи уфимского и казанского ярусов пермского периода, представленные комплексом глинистых отложений, песчаников и мергелей.

Четвертичные отложения - делювиальные и аллювиальные суглинки, песчаники, галечники встречаются в долинах рек и нижних частях склонов.

Глубокие местные базисы эрозии, висячие устья оврагов и балок, быстрины в реках и донные размывы древней эрозионной сети в виде промоин с уступами свидетельствуют о том, что формирование эрозионного рельефа Бугульминско-Белебеевской возвышенности продолжается [7].

Карстовые процессы широко распространены к западу и югу от города Туймазы до реки Ик. Возле населенных пунктов Старые Туймазы, Максютново, Московка, Япрык встречаются многочисленные карстовые воронки, слепые овраги, в которых можно встретить поноры и небольшие пещеры.

Особенности геологического строения этого района определяют характер и распределение его главнейших полезных ископаемых. В частности, к девонским и каменноугольным песчаникам краевой зоны Татарского свода приурочены месторождения нефти. Они состоят из 3-5 продуктивных этажей,

лежащих на глубине до 1700 м. Нефтеносные горизонты приурочены к угленосной свите основания визейского яруса карбона. Скопления нефти приурочены к тонкопористым мелкозернистым песчаникам и алевролитам.

К верхнепермским отложениям приурочены месторождения медистых песчаников. Однако на данный момент они истощены, а их эксплуатация прекратилась в конце XIX в (медеплавильный завод в Верхнетроицком начал работать еще в 1753 г.).

Геологическая карта дочетвертичных образований Туймазинского района, Республики Башкортостан



Рисунок 5 – Геологическая карта Туймазинского района.

Из строительных материалов встречаются месторождения:

- глин (Исмаиловское, Тубаикулевское, Гафуровское);
- песчано-гравийной смеси (Туймазинское, Метевтамакское, Какрыбашевское);
- строительного камня (Гафуровское).

При этом общие запасы составляют: глины - 18468 тыс. м<sup>3</sup>, песчано-гравийной смеси - 7 889 тыс. м<sup>3</sup>, строительного камня - 711 тыс. м<sup>3</sup> [7].

#### 2.4. Почвы, растительный и животный мир

Территория Туймазинского района расположена в переходной зоне, что определяет наличие здесь лесных и степных участков, которые

характеризуются собственными типами почв, видовым разнообразием растений и животных. Степные участки, занимающие долины рек Ик, Усень, Нугуш, образуют степной коридор, который отделяет участки леса, приуроченные к возвышенным частям плато южной, восточной и северной частей района [7].

Таблица 2. Почвенный покров Туймазинского района.

	Тип и подтип почв	Площадь, тыс.га	Доля в общей площади, %
1	Дерново-карбонатные	24,5	10,47
2	Серые лесные	26,7	11,41
3	Темно-серые лесные	23,2	9,91
4	Коричнево-ветные	10,1	4,31
5	Черноземы оподзоленные	6,0	2,56
6	Черноземы выщелоченные	13,1	5,6
7	Черноземы типичные	5,5	2,35
8	Черноземы типичные карбонатные	102,9	43,96
9	Лугово-черноземные	2,0	0,85
10	Пойменные остепненные	10,0	4,27
11	Полностью смытые	10,1	4,31
	Всего	234,1	100

Здесь преобладают черноземы, в некоторых небольших участках встречаются серые и темно-серые лесные почвы. Основная часть почв состоит из толстого слоя чернозема, превышающего полметра в толщину. Пойменные почвы сформировались в долинах рек Ик, Усень и Нугуш. Серые и темно-серые почвы лесов в основном используются для пастбищ [7].

Территория Туймазинского района находится в западной части Предуралья и относится к зоне широколиственных лесов. Леса занимают 26,5 % района. Леса района разнообразны по видовому составу. Например, сосна составляет 13%, дуб — 6%, берёза — 14%, осина — 18%, а липа — 40%. Все остальные виды занимают 9% от общего числа лесных насаждений.

На этой территории встречаются насаждения лиственницы сибирской, занимающие 235 га, в основном на высоких междуречьях.

Берёзовые и осиновые леса преобладают в восточной части района и являются вторичными, образовавшимися на месте ранее существовавших широколиственных лесов. Эти леса не имеют сильно выраженного кустарникового яруса, зато в их травяном покрове хорошо развиваются Лесная земляника (*Fragaria vesca*), Лапчатка гусиная (*Potentilla anserina*), Щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas*), Душица обыкновенная (*Origanum vulgare*) и другие растения.

Сосновые леса в основном антропогенного происхождения, часто содержат примесь лиственных деревьев. В их подлеске можно найти такие растения, как черёмуха, калина, крушина и шиповник, а травостой образуют Ежевика сизая (*Rubus caesius*), Орляк обыкновенный (*Pteridium aquilinum*), Гравилат речной (*Geum rivale*), Гравилат алеппский (*Geum aleppicum*) и другие.

Широколиственные леса, встречающиеся в юго-западной части района, преимущественно состоят из дуба, липы, клёна и вяза. В их подлеске часто можно встретить Орешник обыкновенный (*Corylus avellana*), Крушину ольховидную (*Frangula alnus*), а также Рябину обыкновенную (*Sorbus aucuparia*). Эти леса разнообразны по травяному покрытию, которое включает снытевые, широколиственные и остепнённые участки.

Травянистые сообщества включают луговые и разнотравные степи. Естественный травостой сохраняется в местах с крутыми склонами и у лесных опушек. Здесь произрастают Ковыль перистый (*Stipa pennata*), Ковыль-волосатик (*Stipa capillata*), Типчак (*Festuca valesiaca*), а также множество степных растений, таких как Люцерна изменчивая (*Medicago varia*), Клевер луговой (*Trifolium pratense*), Тимьян обыкновенный (*Thymus vulgaris*) и Шалфей степной (*Salvia stepposa*).

Луга встречаются как в поймах рек, так и на междуречьях. Суходольные луга, распространенные на севере района, включают травы, такие как Мятлик луговой (*Poa pratensis*), Мятлик обыкновенный (*Poa trivialis*) и Овсяница

луговая (*Festuca pratensis*). Пойменные луга, в свою очередь, богаты такими растениями, как Пырей ползучий (*Elytrigia repens*), Костер безостый (*Bromus inermis*) и Полевица тонкая (*Agrostis capillaris* L.), а также кустарниками, такими как Ива остролистная (*Salix acutifolia*), Черёмуха обыкновенная (*Prunus padus.*) и Шиповник майский (*Rosa majalis*) [32].

Флора района включает ценные виды, многие из которых занесены в Красную книгу. Среди них выделяются степные эндемики, например, Эфедра двухколосковая (*Ephedra distachya*), а также Тонконог жестколистный (*Koelēria sclerophylla*). Встречаются редкие орхидеи – Венерин башмачок настоящий (*Cypripedium calceolus*), Липарис лезеля (*Liparis loeselii*), Дремлик болотный (*Epipactis palustris*) и Тайник яйцевидный (*Listera ovata*). На территории произрастают реликтовые виды, такие как Ива грушанколистная (*Salix pyrolifolia*), Гладиолус тонкий (*Gladiolus tenuis*) и Катран татарский (*Crambe tataria*).

Район представлен богатым видовым составом охотничье-промысловых животных, среди которых преобладают лоси, кабаны, лисицы, корсаки, барсуки, белки, зайцы-русаки, кряквы. В экосистему успешно интегрировались американская норка, енотовидная собака, ондатра. Активно расширяется ареал обитания речного бобра. Также в районе обитают редкие и охраняемые виды. Среди млекопитающих это сурок-байбак и большой тушканчик – типичные обитатели степных ландшафтов. В орнитофауне представлены редкие хищные птицы: беркут, степной орел, орел-могильник. На территории водно-болотных угодий могут обитать серые гуси, лебедь-шипун, чернозобая европейская гагара и кулики-сороки [31].

## Глава 3. Объекты и методы исследования

### 3.1. Объекты

#### 3.1.1 Карьер «Бульяр»

Карьер по добыче песка и песчано-гравийной смеси «Бульяр» расположен Туймазинском районе Республики Башкортостан, в непосредственной близости с районным центром. Рядом имеются другие карьеры по добыче песка, гравия и глины, также вблизи проходит железная дорога. Площадь карьера составляет 15 га.

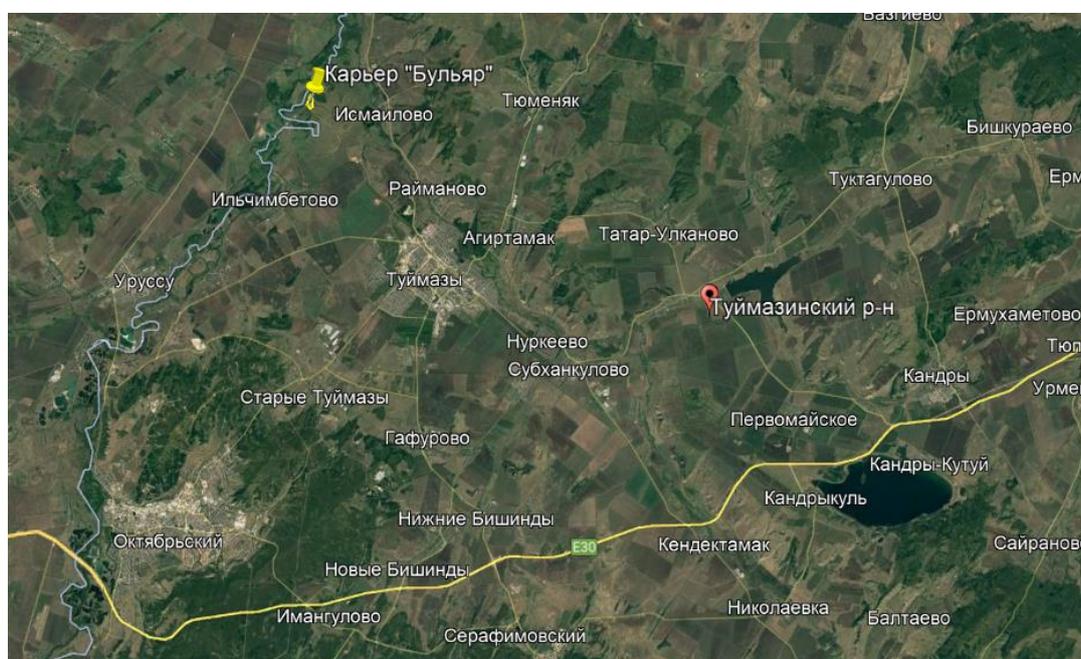


Рисунок 6 – Размещение Карьера «Бульяр» на территории Туймазинского района.

В 2021 году компания получила лицензию на добычу полезных ископаемых на одном из месторождений в регионе, охватывающем запад Башкирии, восток Татарстана. Лицензия была выдана сроком на 10 лет и предусматривает разработку месторождения с последующей рекультивацией территории, однако на данный момент восстановительные работы не

проводились. На территории вблизи карьера преобладают западные и северо-западные ветра.



Рисунок 7 – Карта-схема местоположения карьера «Бульяр». Где №1,2 и 3 – участки отбора почвенных проб, красная пунктирная линия – границы карьера, желтая – СЗЗ.

Фактическая добыча началась в 2022 году методом прямого налива, который применялся для извлечения песчано-гравийной смеси (ПГС) и строительного песка. Этот способ позволил оперативно начать разработку месторождения с минимальными затратами на первоначальную инфраструктуру.

В 2023 году производственный процесс был модернизирован: на месторождение была установлена установка гидроклассификации, предназначенная для разделения сыпучих материалов по фракциям. Это оборудование позволяет эффективно сортировать добываемые материалы на мелкие частицы (используются в производстве бетона и асфальтобетона), средние фракции (применяются в изготовлении железобетонных конструкций) и крупные частицы (гравий, востребованный в дорожном строительстве).



Рисунок 8 – Гидроклассификатор на карьере «Бульяр».

Перед запуском в производство компания ООО «ЖЕЛЕЗОБЕТОН» провели лабораторный анализ вырабатываемых песка и ПГС (табл. 3)

Результаты показали, что в песке присутствует менее 1 % глины, тогда как технические условия разрешается не более двух. ПГС отлично подходит для приготовления товарного бетона, изготовления железобетонных изделий. В результате организованного производственного процесса 50% добываемого песка и песчано-гравийной смеси направлялись на собственные

производственные нужды, а остальные 50% успешно реализуются на рынке [37].

Таблица 3. Результат лабораторных исследований физико-механических свойств песка карьера «Бульяр» от 15 июля 2024 г.

№ п/п	Показатель	Нормативное значение	Фактическое значение
1	Модуль крупности (группа)	Мелкий св. 1,5 до 2,0	1,53 (мелкий)
2	Группа по остатку на сите, %	Мелкий св. 10 до 30	10,2 (мелкий)
3	Насыпная плотность в естественном состоянии, кг/м <sup>3</sup>	Не нормируется	1150
4	Насыпная плотность (сухая), кг/м <sup>3</sup>	Не нормируется	1467
5	Содержание зерен крупностью свыше 10 мм, %	Не более 5,0	0,30
6	Содержание зерен крупностью свыше 5 мм, %	Не более 5,0	0,75
7	Содержание зерен менее 016 мм, %	Не более 10,0	3,90
8	Содержание глины в комках, %	Не более 0,35	0,00
9	Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	Не более 3	0,50

По вышеперечисленным показателям песок Карьера «Бульяр» относится к I классу. Так как песок обладает низким содержанием примесей (глина — 0%, пыль — 0,5%) и оптимальной гранулометрией.

Таблица 4. Результат лабораторных исследований физико-механических свойств песчано-гравийной смеси (ПГС) карьера «Бульяр» от 15 июля 2024 г.

№ п/п	Показатель	Нормативное значение	Фактическое значение	
1	Модуль крупности песка в смеси (группа)	Крупный от 2,5 до 3,0	2,75 (крупный)	
2	Содержание зерен гравия в смеси, %	От 10 до 90	47,54	
3	Содержание зерен песка в смеси, %	Не нормируется	52,46	
4	Насыпная плотность смеси в естественном состоянии, кг/м <sup>3</sup>	Не нормируется	1634	
5	Насыпная плотность смеси в сухом состоянии, кг/м <sup>3</sup>	Не нормируется	1817	
6	Содержание пылевидных и глинистых частиц, % по массе	Не более 4,0	В песке	2,00
			В гравии	0,3
7	Содержание глины в комках, % по массе	Не более 1,0	В песке	0,00
			В гравии	0,00
8	Определение дробимости гравия при сжати (раздавливании) в цилиндре по степени разрушения, %	Для марки по дробимости 600 св. 12 до 16	фр. 5-10 мм	12
			фр. св. 10-20 мм	15
			фр. св. 10-20 мм	15
9	Содержание зерен слабых пород, % по массе	Не более 10,0	фр. св. 5-10 мм	7,81
			фр. св. 10-20 мм	10,32
			фр. св. 10-20 мм	10,32

По вышеперечисленным показателям песчано-гравийная смесь с карьера «Бульяр» соответствует требованиям ГОСТ 23735-2014 «Смеси песчано-гравийные для строительных работ. Технические условия». Так как ПГС имеет сбалансированный состав (47,54% гравия и 52,46% песка). При добыче и реализации участвуют: землесосный снаряд – для гидромеханизированной разработки обводненных участков месторождения; экскаваторы – для выемки и погрузки песчано-гравийной массы, снятия верхнего слоя почвы; бульдозеры

– для планировки территории и перемещения вскрышных пород. Для погрузки сырья в транспортные средства используются фронтальные погрузчики, а для перевозки добытых материалов на перерабатывающие предприятия и строительные площадки - самосвальная техника (КАМАЗы, HOWO).



Рисунок 9 – Работа техники на карьере.

### 3.1.2. Почвы рядом с карьером

Разнообразное сочетание условий почвообразования, характерное для Туймазинского района формирует пестрый почвенный покров. Т.к. условия разработки карьера позволили изучить только северо-западную часть карьера, здесь был заложен почвенный разрез, описание которого представлено в следующей таблице. Изучались серые лесные почвы на песках, достаточно распространенный тип почв в Башкортостане, особенно в лесостепной зоне.

Таблица 5. Описание горизонтов почвенного разреза серой лесной легкосуглинистой почвы на песках (скелетно-галечном элювии третичных отложений).

	A0 0-2 см	Прошлогодний опад злаковых трав, увлажненный
	Ад 2-15 см	Темно-серый, увлажненный, уплотненный, легкий суглинок, уплотненный из-за густого переплетения корней травянистых растений, легко суглинистый, средне и мелкокомковатый, переход постепенный, граница неровная
	A1 15-31 см	Буровато-серый, увлажненный, уплотненный, средний суглинок, сренекомковатый, встречаются редкие корни растений, галька, переход постепенный граница ровная
	A1C 31-46	Серовато-бурый, увлажненный, много гальки, супесчаный, уплотненный, переход четкий, граница неровная
	C 46-75↓	Коричневато-палевый, песок, бесструктурный, галька

Основные химические характеристики почвы представлены на следующих рисунках и в таблицах. На рисунке 10 представлено распределение общего углерода и общего азота в верхних слоях почвы.

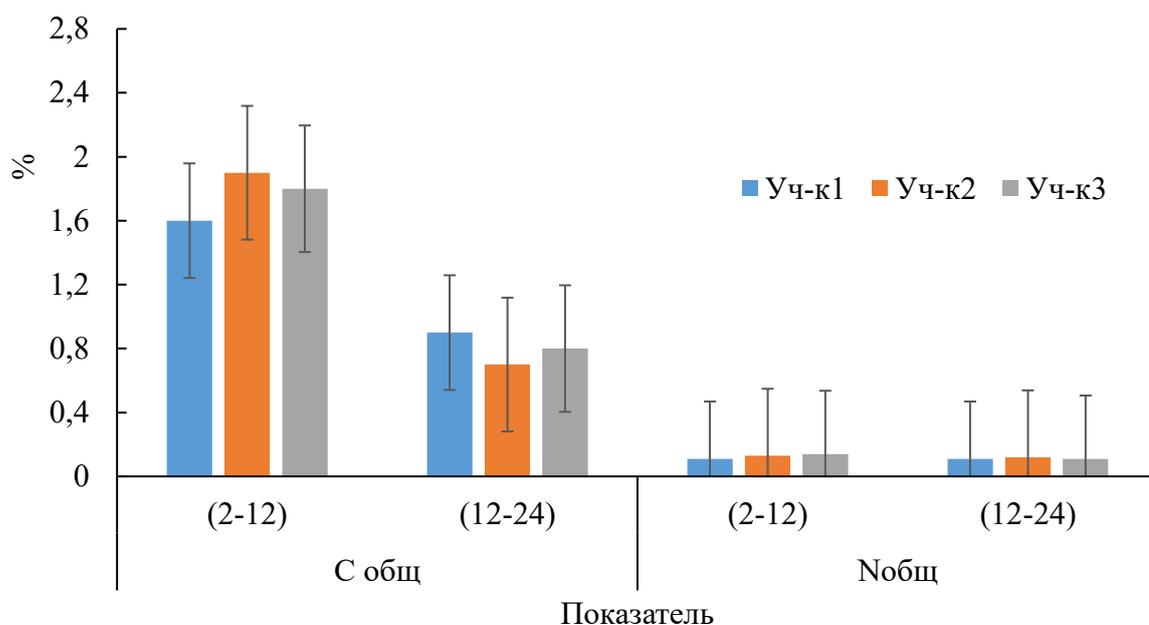


Рисунок 10 - Распределение общего углерода и общего азота в верхних слоях серой лесной почвы на изучаемых участках, расположенных рядом с карьером

Как видно из представленного графика, содержание общего углерода в почвенных слоях изученных участков снижалось с глубиной и варьировало от 1,6 до 1,9% в слое 2-12 см, и от 0,7 до 0,9 в слое 12-24 см, без существенных различий между изучаемыми вариантами. По данному показателю почвы относятся к категории низко обеспеченных органическим веществом.

По обеспеченности общим азотом – также верхние слои почвы не отличались высокой обеспеченностью азота, а между слоями почв на разных участках исследования не наблюдалась существенная разница по данному показателю. Содержание общего N варьировало от 0,11 до 0,14% и максимальное количество наблюдалось на участке №3.

Следует отметить, что в целом почвы имели достаточно большой гумусовый слой - > 30 см, поэтому при разработке карьера он удалялся с участка и складировался в специальные отвалы, которые в дальнейшем будут использоваться для рекультивации земель после окончания работ по добыче

песчано-гравийной смеси. На следующем рисунке представлены фотографии, сделанные автором, отображающие подготовку карьера к добыче



Рисунок 11 - Складирование гумусного горизонта в отвалы при подготовке карьера к добыче песка.

Также было изучено содержание подвижных форм фосфора и калия в верхних слоях почв изученных участков (таблица 6).

Таблица 6. Химические показатели почв.

№ п/п Участок	Вариант	рН <sub>сол</sub>	Калий подвижный (K <sub>2</sub> O)	Фосфор подвижный (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
		ед. рН	мг/кг	
1	(2-12)	4,8	25	47
1	(12-24)	5,0	29	51
2	(2-12)	5,1	31	59
2	(12-24)	5,3	43	62
3	(2-12)	5,3	22	51
3	(12-24)	5,4	51	66
Фон		5,5	48	64

Как видно из представленной таблицы, изученные участки почв характеризовались слабокислой реакцией среды, характерной для почв

района. Между участками не наблюдались существенные различия по данному показателю, а с глубиной наблюдался тренд незначительного снижения кислотности почв.

Также почвы характеризовались не высоким содержанием подвижных форм калия и азота. Отмечен тренд увеличения данных показателей с глубиной. А также с удалением от карьера – показатели подвижного калия и фосфора увеличивались и максимальное их количество было установлено на участке №3, достигая средних значений 35 и 55 мг, соответственно для  $K_2O$  и  $P_2O_5$ .

### 3.1.3. Растительный покров

Разработка песчаных и песчано-гравийных месторождений формирует уникальные техногенные ландшафты, которые существенно отличающиеся от естественных природных систем. На территории отработанных карьеров имеются участки с выраженными колеями от автотранспорта, которые не зарастают на протяжении длительного времени. Плотное, утрамбованное основание этих образований создает специфические условия, препятствующие естественному возобновлению растительного покрова.

На исследуемой территории не было выявлено видов животных, включённых в Красные книги Республики Башкортостан и Российской Федерации [1]. Около данного месторождения отсутствуют заповедные зоны, а также земли, имеющие статус родовых угодий для коренных малочисленных народов. На рассматриваемом участке были выявлены 14 видов растений, которые относятся к шести семействам, к таким как Злаки (*Gramíneae*), Астровые (*Asteraceae*), Бобовые (*Fabaceae*), Розовые (*Rosaceae*), Вьюнковые (*Convolvulaceae*), Зонтичные (*Apiaceae*). Были замечены Мятлик луговой (*Poa pratensis*), Мятлик узколистный (*Poa angustifolia*), Пырей ползучий (*Elytrigia repens*), Плевел многолетний (*Lolium perenne*), Овсяница луговая (*Festuca pratensis*), Клевер луговой (*Trifolium pratense*), Чина луговая (*Lathyrus*

*pratensis*), Горошек мышиный (*Vicia cracca*), Тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium*), Лапчатка гусиная (*Potentilla anserina*), Полынь морская (*Artemisia maritima*), Вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*), Бедренец камнеломковый (*Pimpinella saxifraga*), Земляника полуница (*Fragaria viridis*).

Подавляющее большинство видов 80% являются гелиофитами, а к факультативным гелиофитам – 20%. По отношению к влаге преобладают мезофиты - 75%, а наличие ксеромезофитов - 25% свидетельствует о возможности произрастания в условиях временного дефицита влаги. Большинство видов - 75% относятся к мезотрофам, 25% эутрофные виды встречаются реже [39].

### 3.2. Методы изучения.

Организация отбора почвенных проб в рамках настоящего исследования осуществлялась в соответствии с требованиями Методических указаний МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка почв по санитарно-химическим показателям» и ГОСТ 17.4.3.01–83 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб».

Отбор проб проводился на расстоянии 10 м, 135 м и 235 метров от границы карьера из слоев почв 0-12 см и 12-24 см при помощи почвенного бура, что соответствует верхнему горизонту почвенного покрова, наиболее подверженному загрязнению. Для формирования одной объединённой пробы в пределах точки проводилось смешивание 3–5 элементарных проб, отобранных по схеме «конверта» в радиусе 5–10 метров. Объём объединённой пробы составлял не менее 1 кг.

Лабораторные исследования почвенных проб проводились в специализированной аккредитованной лаборатории в соответствии с установленными нормативными документами и методиками, утверждёнными федеральными органами в области санитарно-эпидемиологического надзора и охраны окружающей среды.

Объектом аналитического контроля являлись следующие группы загрязняющих веществ: – тяжёлые металлы (свинец, кадмий, цинк, марганец, хром, медь и никель). Для каждого элемента определялись массовые концентрации в пересчёте на абсолютно сухую почву. Пробы подвергались предварительной пробоподготовке: сушке, измельчению, просеиванию через сито с диаметром ячеек 1 мм и гомогенизации. В большинстве исследований данного профиля применялась атомно-абсорбционная спектрометрия (ААС).

Для статистической обработки данных использовалась программа Excel. Были рассчитаны основные статистические характеристики выборки, включая: среднее арифметическое ( $\bar{X}$ ) — как мера центральной тенденции, отражающая усреднённое содержание загрязняющего вещества за выбранный период; стандартное отклонение ( $\sigma$ ) — показатель разброса данных относительно среднего значения, характеризующий степень variability концентраций.

## Глава 4. Полученные результаты.

### 4.1 Общая характеристика содержания ТМ в почвах, прилегающих к карьере.

В Туймазинском районе Республики Башкортостан ведётся активная разработка песчаных карьеров, играющих важную роль в обеспечении строительной отрасли региона. Особое внимание при экологической оценке таких объектов уделяется потенциальному воздействию на окружающую среду, включая почвенный покров. Основными источниками возможного загрязнения являются тяжелые металлы, поступающие в окружающую среду в результате работы карьерной техники, транспортировки сырья и естественного выветривания пород.

В таблице 7 представлено содержание ТМ в почвах исследуемых участков.

Таблица 7. Содержание тяжелых металлов в верхнем и нижнем слое прилегающих почв в разной отдаленности от карьера.

Участки	Глубина, см	Содержание ТМ, кислоторастворимая форма, мг/кг							
		Pb	Cd	Zn	Mn	Cr	Co	Cu	Ni
1	0-10	19,4	1,28	23	208,8	34,6	10,8	13,3	27,4
	10-20	13,3	0,95	21	187,9	30,2	9,4	11,6	19,3
2	0-10	9	1,21	8,8	187,1	19,5	6,8	9,9	23,1
	10-20	3,45	0,9	6,2	169,2	19	5,9	2,5	16,2
3	0-10	10,3	0,93	15	181,1	18,9	5,8	11	20,3
	10-20	6,4	0,7	12	160,4	18	5	9,5	14,6
фон		12	0,5	47	230	18	11	16,5	29
ПДК(ОДК)		32	1	110	1500	100	5	55	20

К приоритетным элементам мониторинга относятся Pb, Cd, Zn и Cr – металлы первого класса опасности, способные накапливаться в почвах и представлять угрозу для здоровья человека; Cu, Ni, Co – металлы второго класса опасности, которые могут поступать в окружающую среду при

эксплуатации техники; а также Mn – элемент третьего класса опасности, менее токсичный, но требующий контроля из-за возможного влияния на качество почв и грунтовых вод.

#### 4.1.1. Свинец

Свинец – один из наиболее опасных загрязнителей, и, как показывают исследования, его угроза заключается не только в токсичности, но и в способности десятилетиями сохранять вредные свойства. Постепенно накапливаясь в тканях живых существ, он приводит к тяжелым нарушениям в их организме [21, 35].

На рисунке 12 представлено распределение концентрации свинца в верхних и нижних геронтах почв на разном расстоянии от карьера.

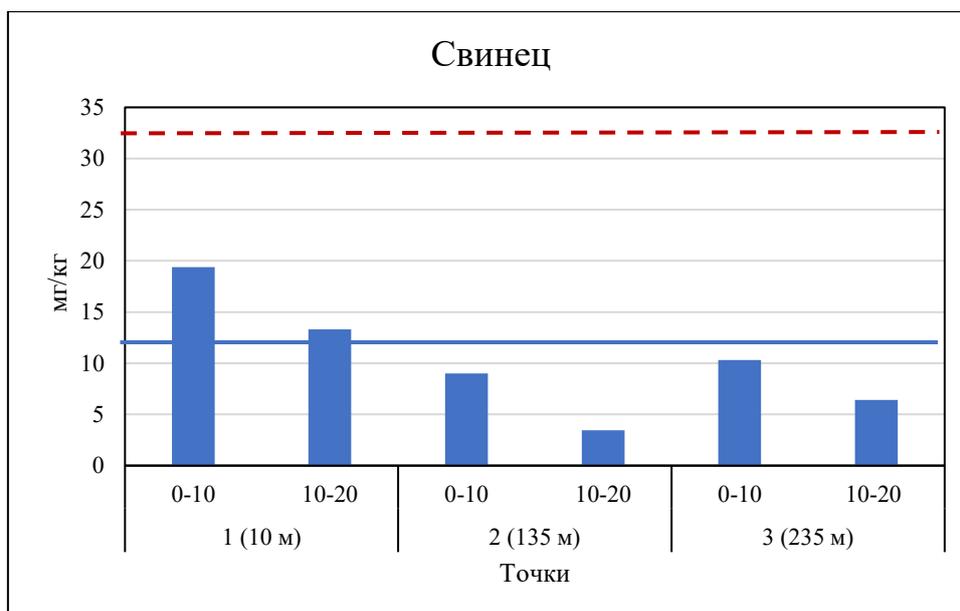


Рисунок 12 – Концентрация свинца в почвах участков на разной удаленности от карьера. Где синяя прямая линия – фоновое содержание (12 мг/кг), а красная пунктирная – ПДК (32 мг/кг).

Как видно из рисунка, наиболее высокие концентрации свинца на первой точке, особенно в верхнем слое почвы (0–10 см). Это объясняется

непосредственной близостью к карьере и интенсивным техногенным воздействием: работой тяжелой техники, выбросами пыли и загрязненных частиц при добыче и транспортировке породы. Снижение концентрации в более глубоком слое (10–20 см) до 13,3 мг/кг может быть связано с постепенной миграцией металла вниз по профилю почвы.

По мере удаления от карьера концентрация Рb резко снижается. В верхнем слое она составляет 9 мг/кг, что ниже фонового значения, а в слое 10–20 см падает до 3,45 мг/кг. Это свидетельствует о том, что влияние карьера на данном расстоянии уже незначительно, а основное загрязнение сосредоточено в непосредственной близости от источника.

Несмотря на большее расстояние от карьера, в этой точке наблюдается небольшое повышение концентрации Рb по сравнению со второй точкой. Это может быть связано с аккумуляцией металла в пониженном рельефе (близость к реке), куда стекают загрязненные поверхностные воды с территории карьера.

Во всех точках концентрация Рb не превышает ПДК, однако в первой точке (10 м) она значительно выше фонового уровня.

#### 4.1.2. Кадмий

Кадмий и его соединения опасны для человека, вызывая повреждение лёгких, почек, желудочно-кишечного тракта и костей. Острое отравление проявляется раздражением глотки, повреждением слизистой носа, слабостью, одышкой и кашлем, а хроническая интоксикация приводит к нарушениям функции почек, анемии, дыхательной недостаточности и остеомалации. Летальный исход возможен при дозе более 350 мг из-за шока, острой почечной и сердечно-лёгочной недостаточности.

К основным источникам загрязнения почв кадмием, относится добыча полезных ископаемых, утилизация твёрдых бытовых отходов, использование фосфатных удобрений и пестицидов, а также неправильная утилизация кадмийсодержащих аккумуляторов. Чем плотнее почва, тем сильнее в ней

удерживается кадмий. Повышение рН приводит к переходу кадмия в менее подвижную форму, снижая его биологическую доступность. Увеличение Eh также уменьшает подвижность этого металла. Рост засоленности, напротив, усиливает перемещение кадмия в почве. Органические компоненты почвы связывают кадмий, уменьшая его подвижность [5]. Возделывание сельскохозяйственных культур на почвах с высокой концентрацией кадмия (Cd) способствует его накоплению в съедобных частях растений. Это вызывает серьёзные опасения, поскольку попадание Cd в организм человека через пищевую цепь может нанести вред здоровью, что привело к установлению строгих норм его содержания в продуктах питания [11].

На рисунке 13 представлено распределение концентрации кадмия в верхних и нижних геронтах почв на разном расстоянии от карьера.

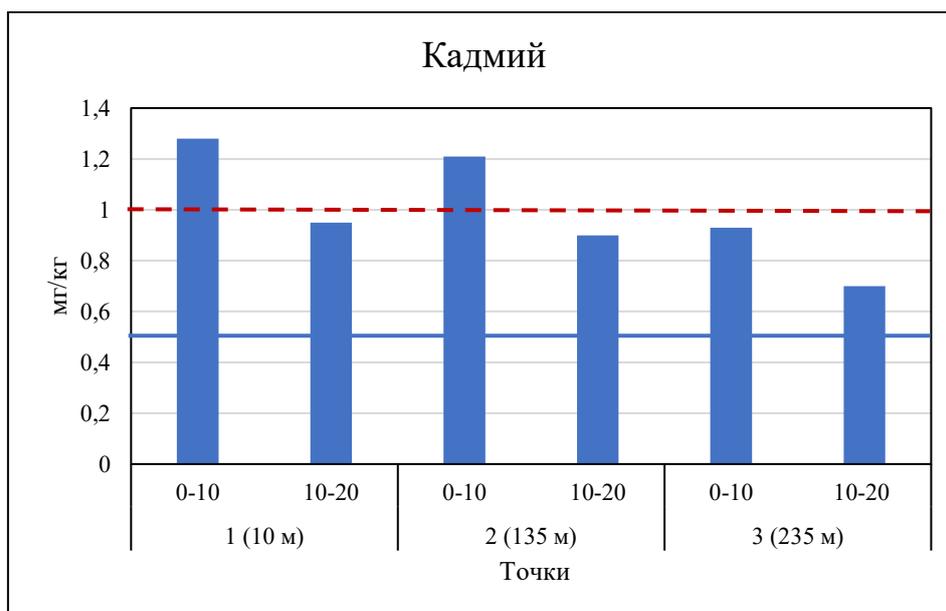


Рисунок 13 – Концентрация кадмия в почвах на участках в разной отдаленности от карьера. Фоновое содержание (0,5 мг/кг) – синяя линия, а красная пунктирная – ПДК (1 мг/кг).

Кадмий признан одним из наиболее опасных тяжёлых металлов, так как даже незначительное повышение его концентрации в пище и кормах способствует его передаче по пищевым цепям и последующему накоплению в

организме человека [30]. Как видно из диаграммы, первый участок демонстрирует наиболее высокие концентрации кадмия, превышающие как фоновое значение, так и ПДК в верхнем слое почвы (0-10 см), где содержание достигает 1,28 мг/кг. Это связано с непосредственной близостью к карьере и интенсивной работой техники. Снижение концентрации в более глубоком слое (10-20 см) до 0,95 мг/кг указывает на поверхностное накопление загрязнения.

По мере удаления от карьера концентрация кадмия постепенно снижается. На второй точке в верхнем слое она составляет 1,21 мг/кг, что незначительно превышает ПДК, а в нижнем слое уменьшается до 0,9 мг/кг. Это свидетельствует о том, что основное загрязнение сосредоточено в непосредственной близости от источника, но его влияние распространяется и на более удаленные участки.

Несмотря на наибольшее расстояние от карьера, в третьей точке сохраняется повышенное содержание, где кадмий достигает 0,93 мг/кг в верхнем слое по сравнению с фоновым значением. Это может быть связано с аккумуляцией металла в пониженном рельефе (близость к реке), куда стекают загрязненные поверхностные воды с территории карьера. Либо же это связано с влиянием развитого сельского хозяйства в Туймазинском районе - использование фосфорных удобрений, которые часто содержат примеси кадмия, могло дополнительно повысить уровень этого металла в почвах района.

Превышение ПДК наблюдается только в непосредственной близости от карьера (первая и вторая точка), однако во всех исследованных точках концентрации кадмий превышают фоновый уровень. Это свидетельствует о комплексном воздействии на почвы как карьерной деятельности, так и сельскохозяйственного землепользования в регионе.

### 4.1.3. Цинк

В отличие от таких токсичных тяжелых металлов, как кадмий, ртуть и свинец, цинк относится к важнейшим микроэлементам, необходимым для нормального функционирования растений, животных и человека. Однако превышение его концентрации в окружающей среде может оказывать негативное воздействие на живые организмы.

Избыток цинка для человека может вызывать отравление. Симптомы передозировки: тошнота, рвота, боль в животе, диарея, озноб, кашель, жар. Кроме того, длительный контакт с цинком может привести к заболеваниям почек, печени и сердечно-сосудистой системы. Цинк вызывает воспалительные процессы в органах и приводит к их дисфункции [22].

Избыток цинка в почве может быть токсичным для растений. Он нарушает обмен веществ, замедляет фотосинтез, подавляет рост корней и приводит к деформации листьев. В результате растения начинают отставать в росте, что сказывается на урожайности.

Значительное повышение содержания цинка в поверхностных слоях почвы часто наблюдается вблизи металлургических предприятий. Поступление этого элемента в почвенный покров с минеральными удобрениями напрямую зависит от его концентрации в них. Особенно заметно это проявляется при использовании цинксодержащих промышленных отходов в качестве удобрений.

Дефицит цинка чаще всего проявляется при значениях pH от 6,0 до 8,0. В карбонатных почвах, содержащих  $\text{CaCO}_3$ , подвижность этого элемента существенно снижается. Процесс известкования дополнительно уменьшает его растворимость. Аналогичный эффект наблюдается при внесении растворимых фосфатных удобрений [6].

На рисунке 14 представлено распределение концентрации цинка в верхних и нижних горизонтах почв на разном расстоянии от карьера.

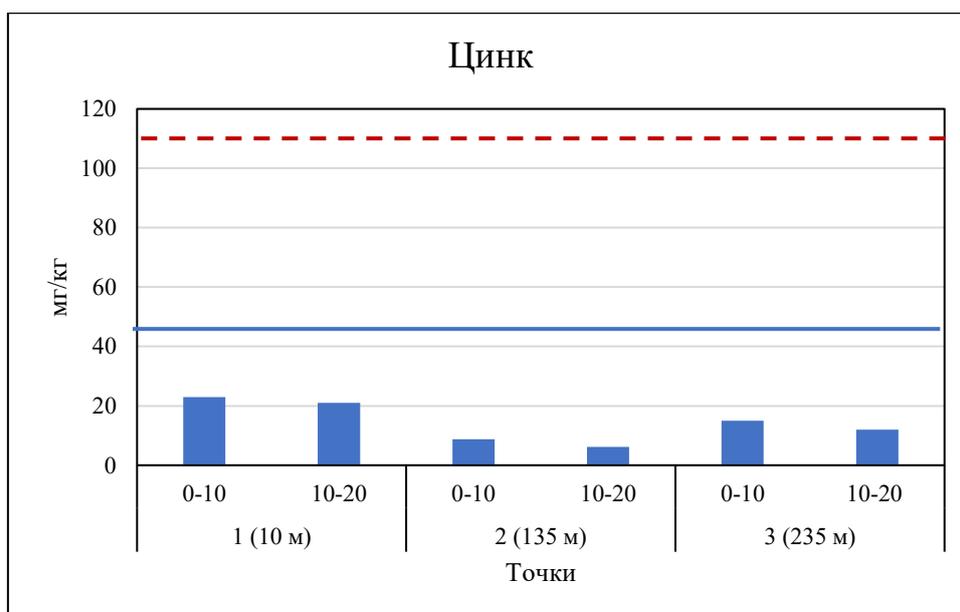


Рисунок 14 – Концентрация цинка в почвах участков на разном удалении от карьера. Где синяя прямая линия – фоновое содержание (47 мг/кг), а красная пунктирная – ПДК (110 мг/кг).

Представленные данные демонстрируют низкое содержание цинка во всех точках по сравнению с фоновыми значениями для Туймазинского района (47 мг/кг). В непосредственной близости от карьера (10 м) содержание цинка составляет всего 23 мг/кг в верхнем слое (0-10 см) и 21 мг/кг в более глубоком горизонте (10-20 см). По мере удаления от карьера концентрации еще больше снижаются: на расстоянии 135 м до 8,8 мг/кг (0-10 см) и 6,2 мг/кг (10-20 см), а вблизи реки (235 м) отмечается некоторое повышение до 15 мг/кг и 12 мг/кг соответственно.

Скорее всего такое содержание цинка может быть объяснено особенностями почвенного покрова района. Дефицит цинка наиболее характерен для почв с рН в диапазоне от 6 до 8, а на территории вблизи карьера рН приближается к таким значениям (от 5 до 5,6). Присутствие карбонатов кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) в почвах, характерное для данного региона, существенно снижает подвижность цинка. Внесение растворимых фосфатных удобрений, широко распространенное в интенсивном земледелии, приводит к еще большему дефициту цинка в почвах.

Относительно более высокое содержание цинка вблизи реки может объясняться несколькими причинами. Во-первых, в пониженных элементах рельефа возможно накопление органического вещества, которое способствует удержанию цинка в почве. Во-вторых, периодическое затопление пойменных участков может приводить к осаждению содержащих цинк частиц из воды. Однако даже эти повышенные значения остаются значительно ниже фоновых показателей для района.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что карьерная деятельность не является значимым источником цинкового загрязнения в исследуемой территории.

#### 4.1.4. Марганец

Марганец проникает в организм человека через дыхательную и пищеварительную системы, а при длительном контакте — через кожу. Избыток марганца поражает нервную систему, вызывая утомляемость, сонливость и ухудшение памяти, а также нарушает работу лёгких, приводя к бронхиту и пневмонии при вдыхании пыли.

Механизмы поглощения марганца растениями имеют свои особенности. Основное поступление элемента происходит через корневую систему, тогда как вклад атмосферных осадков в общий баланс незначителен. Превышение физиологических концентраций марганца приводит к выраженным токсическим эффектам [33].

На рисунке 15 представлено распределение концентрации марганца в верхних и нижних горизонтах почв на разном расстоянии от карьера. Во всех точках отбора проб содержание марганца остается ниже фонового значения для данного региона и существенно не достигает предельно допустимой концентрации.

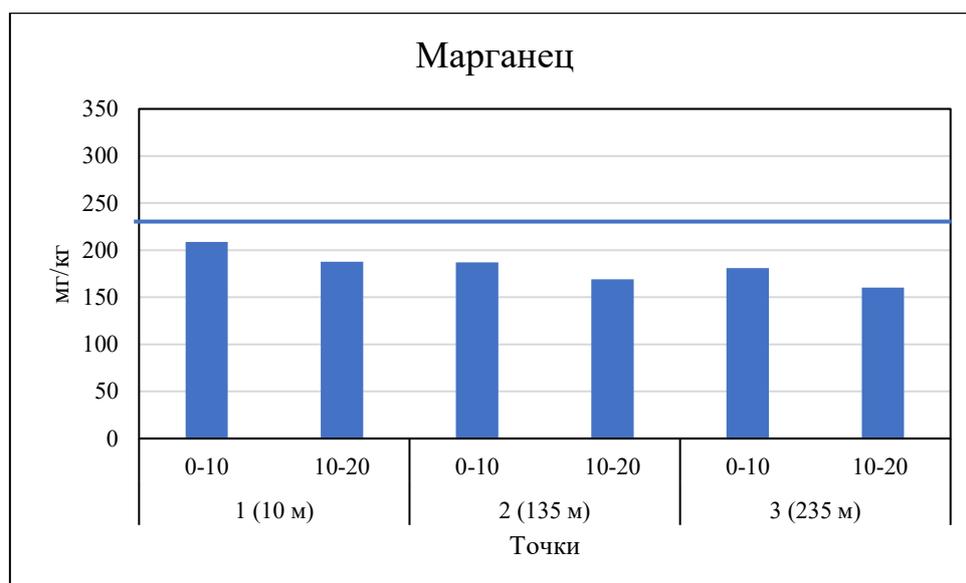


Рисунок 15 – Содержание марганца в почвах на участках в разной отдаленности от карьера. Где синяя прямая линия – фоновое содержание для (230 мг/кг), а ПДК - (1500 мг/кг).

Наиболее высокие показатели зафиксированы в непосредственной близости от карьера 208,8 мг/кг в верхнем слое (0-10 см) и 187,9 мг/кг в более глубоком горизонте (10-20 см). Это может быть связано с техногенным влиянием карьерных работ, хотя значения все равно не превышают фоновый уровень. По мере удаления от источника потенциального загрязнения наблюдается постепенное снижение концентрации марганца: на расстоянии 135 м содержание составляет 187,1 мг/кг в верхнем слое и 169,2 мг/кг в нижнем, а вблизи реки- 181,1 мг/кг и 160,4 мг/кг соответственно.

#### 4.1.5. Хром

Хром, является токсичным тяжелым металлом, при избыточном содержании в почве негативно влияет на живые организмы, особенно растения, и служит индикатором экологического неблагополучия. Техногенное загрязнение хромом способно вызывать необратимые изменения в биосфере.

В отличие от других тяжелых металлов, содержание хрома в минеральных удобрениях (включая аммиачные формы) остается незначительным. Это объясняет относительно малый вклад агрохимии в общий баланс хромового загрязнения [18].

На рисунке 16 представлено распределение концентрации хрома в верхних и нижних геронтах почв на разном расстоянии от карьера.

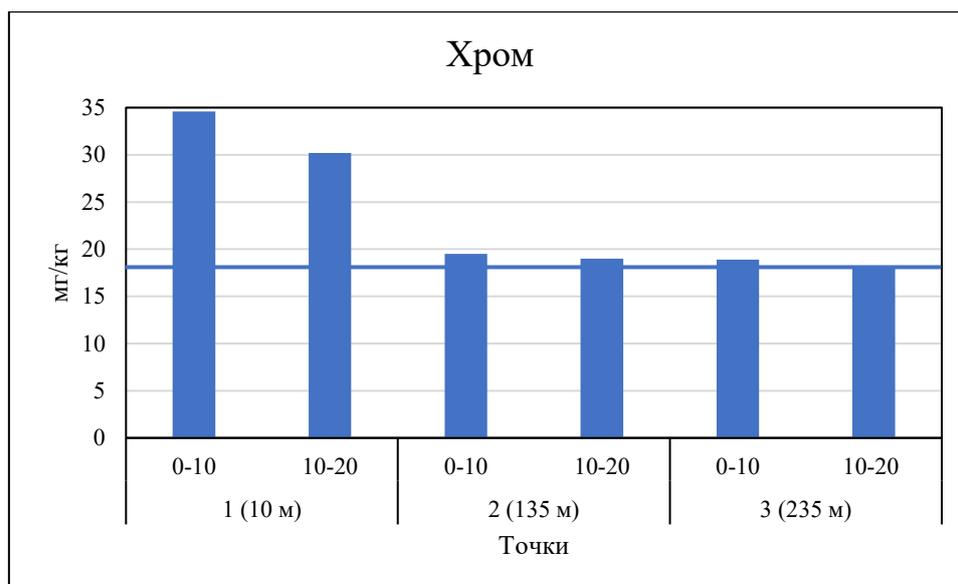


Рисунок 16 – Содержание хрома в почвах на исследуемых участках в разной отдаленности от карьера. Где синяя прямая линия – фоновое содержание (18 мг/кг), а ПДК (100 мг/кг).

Из графика видно, что наибольшие концентрации зафиксированы в непосредственной близости от карьера, где содержание хрома достигает 34,6 мг/кг в верхнем слое (0-10 см) и 30,2 мг/кг в более глубоком горизонте (10-20 см). Эти значения почти в 2 раза превышают фоновый уровень для данного региона, хотя и остаются существенно ниже ПДК. Уже на расстоянии 135 м концентрации снижаются до фоновых значений 19,5 мг/кг в верхнем слое и 19 мг/кг в нижнем. Такая пространственная картина распределения позволяет связать его с работой карьерной техники и транспорта.

#### 4.1.6. Кобальт

Кобальт, относящийся к группе тяжелых металлов, классифицируется как вещество второго класса опасности, что указывает на возможное оказание вреда окружающей среде. Кобальт – один из важнейших микроэлементов для растений. Он входит в состав многих ферментов и больше всего накапливается в хлоропластах и митохондриях. Кобальт при умеренном количестве стимулирует рост растений, активизирует важные биохимические процессы, а также участвует в выработке витамина В12. При повышенных концентрациях кобальт становится вредным для растений. Он вызывает нарушение усвоения железа, мешает восстановлению ДНК и вызывает окислительный стресс [26].

На рисунке 17 представлено распределение концентрации кобальта в верхних и нижних геронтах почв на разном расстоянии от карьера.

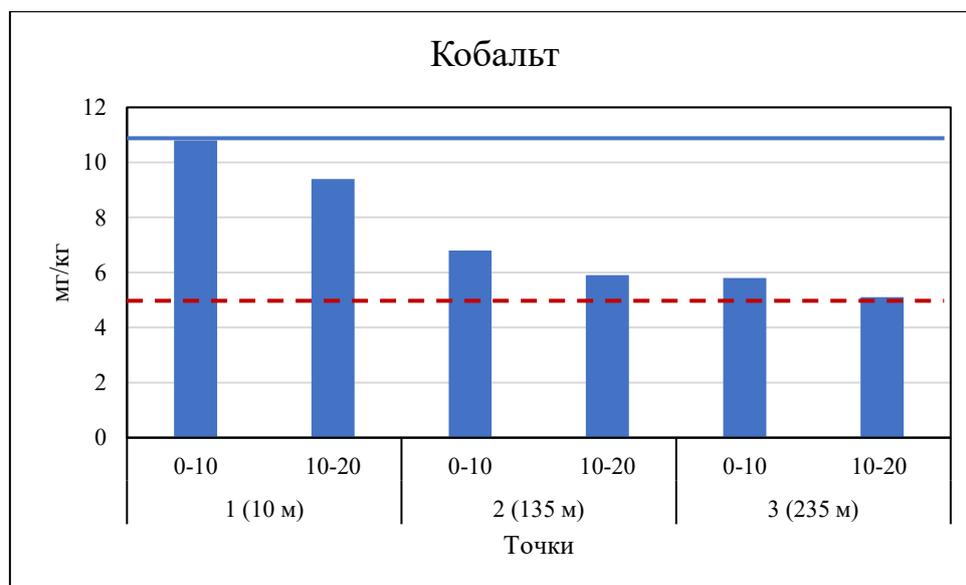


Рисунок 17 – Содержание кобальта в почвах на участках в разной отдаленности от карьера. Где синяя прямая линия – фоновое содержание (11 мг/кг), а красная пунктирная - ПДК ( 5 мг/кг).

Как видно из представленных данных, в непосредственной близости от карьера, в первой точке, содержание кобальта в верхнем слое почвы (0-10 см)

составляет 10,8 мг/кг, что практически соответствует фоновому значению для Туймазинского района (11 мг/кг), но более чем в 2 раза превышает установленную ПДК (5 мг/кг). В более глубоком горизонте (10-20 см) концентрация незначительно снижается до 9,4 мг/кг.

По мере удаления от карьера содержание кобальта снижается. На второй точке содержание в верхнем слое 6,8 мг/кг и 5,9 мг/кг нижнем слое. В третьей точке 5,8 мг/кг и 5,0 мг/кг соответственно. Во всех точках, кроме приречной, концентрации превышают ПДК.

Превышение содержания кобальта на этой территории обусловлено природными факторами (геологией, типом почв) [36] и возможным внесением удобрений.

#### 4.1.7. Медь

Медь в почве оказывает разное воздействие, как положительное, так и отрицательное. Медь – это важнейший компонент для стимуляции роста растений, но одновременно он может провоцировать негативные последствия.

Этот микроэлемент играет ключевую роль в биохимических процессах: он входит в состав ферментов, участвует в азотном обмене и синтезе нуклеиновых кислот, а также укрепляет защитные механизмы растений. Оптимальная концентрация меди способствует интенсивному развитию злаковых культур, что напрямую влияет на увеличение урожайности [13].

Однако превышение допустимых норм содержания меди приводит к серьёзным нарушениям. Избыток этого элемента может блокировать усвоение других жизненно важных питательных веществ, а также способствовать закислению водных ресурсов. Кроме того, высокая концентрация меди ухудшает структуру почвы: снижается устойчивость почвенных агрегатов к размыванию, повышается риск эрозии и уплотнения грунта [20].

Ещё одним последствием загрязнения является дисбаланс в почвенной микробиоте. Под воздействием меди сокращается видовое разнообразие

микроорганизмов, а их сообщества упрощаются, что ведёт к доминированию ограниченного числа устойчивых видов, нарушая естественные биохимические циклы.

На рисунке 18 представлено распределение концентрации меди в верхних и нижних геронтах почв на разном расстоянии от карьера.

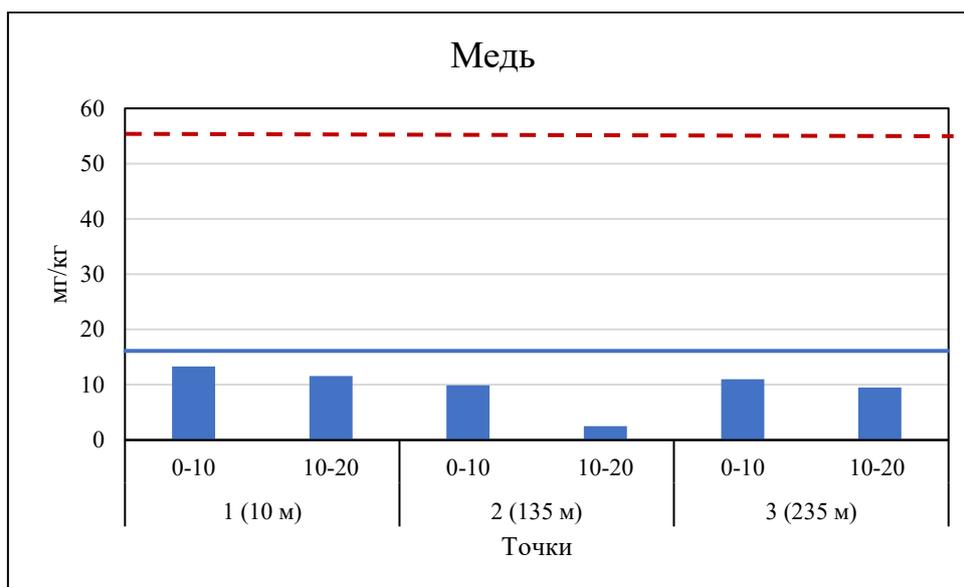


Рисунок 18 – Содержание меди в почвах на участках в разной отдаленности от карьера. Где синяя прямая линия – фоновое содержание для пойв Туймазинского района (16,5 мг/кг), а красная пунктирная ПДК ( 55 мг/кг).

Почвы вблизи карьера демонстрируют неравномерное распределение меди в зависимости от расстояния. В точке 1 содержание меди составляет 13,3 мг/кг в верхнем горизонте, а на нижнем — 11,6 мг/кг, что ниже фонового значения. В точке 2 концентрация меди равна 9,9 мг/кг в верхнем горизонте, а в нижнем резко снижается до 2,5 мг/кг, что значительно ниже фона. В точке 3 содержание меди составляет 11 мг/кг и 9,5 мг/кг соответственно, также ниже фонового уровня. Во всех точках концентрация меди не превышает ПДК, что указывает на отсутствие критического загрязнения. Однако в точках 1 и 3 содержание меди выше, что может указывать на антропогенное воздействие. В точке 1 это превышение скорее всего может быть вызвано выхлопными

газами и стиранием шин, так как место находится близко к карьеру. Но на такую концентрацию меди в 3 точке повлияло, что выше по течению есть наличие сельскохозяйственных угодий, где используют удобрения и стоков животноводческих ферм.

#### 4.1.8. Никель

Никель и его соединения представляют серьёзную опасность при длительном контакте или повышенных концентрациях на здоровье человека [25].

Несмотря на токсичность в высоких дозах, никель является важным микроэлементом, участвующим в ключевых биохимических процессах растений. Он входит в состав липидов, усиливая эффективность фотосинтеза, а также способствует синтезу пигментов в пластидах. Кроме того, никель активирует ферменты, такие как аргиназа и пептидазы, играющие роль в азотном обмене, и стабилизирует структуру нуклеиновых кислот.

Никель отличается низкой подвижностью в почвенной среде. Основная его часть накапливается в илистых фракциях, богатых глинистыми минералами [17].

На рисунке 19 представлено распределение концентрации никеля в верхних и нижних горизонтах почв на разном расстоянии от карьера. В точке 1 на глубине 0-10 см содержание никеля составляет 27.4 мг/кг, что ниже фонового показателя, но превышает ПДК. На глубине 10-20 см концентрация снижается до 19.3 мг/кг, что уже соответствует нормативу. В точке 2 поверхностный слой 0-10 см содержит 23.1 мг/кг никеля, что также превышает ПДК, но остается ниже фонового уровня, а на глубине 10-20 см показатель уменьшается до 16.2 мг/кг. В точке 3 в верхнем слое зафиксировано 20.3 мг/кг, что незначительно выше ПДК, тогда как в нижнем слое концентрация составляет 14.6 мг/кг.

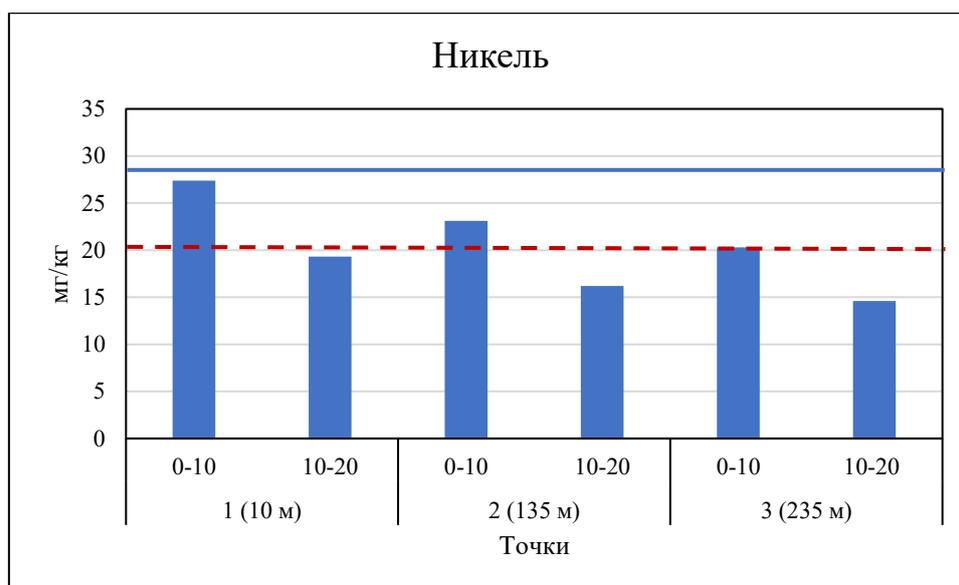


Рисунок 19 – Содержание никеля в почвах на участках в разной отдаленности от карьера. Где синяя прямая линия – фоновое содержание (29 мг/кг), а красная пунктирная - ПДК ( 20 мг/кг).

Превышение содержания никеля может быть связано с использованием тяжелой техники, а также эта техника нарушает почвенный покров, что способствует накоплению загрязняющих веществ в поверхностных слоях.

#### 4.2. Степень загрязнения почвы (превышение величины ПДК, кратность)

Степень загрязнения почв и грунтовых слоёв определяется путём сравнения фактического содержания вредных веществ с их фоновыми значениями и установленными нормативами предельно допустимых концентраций (ПДК). Для количественной оценки применяется коэффициент техногенной концентрации элемента, который рассчитывается по следующей формуле:

$$K_i = \frac{C_i}{ПДК_n},$$

где:  $C_i$  — измеренная концентрация  $i$ -го загрязнителя в почве (мг/кг);  
 ПДК — предельно допустимая концентрация этого вещества в почве (мг/кг).

Проведенные результаты работы позволяют оценить, насколько эффективно природная среда способна противостоять антропогенной нагрузке (табл. 8).

Таблица 8. Степень загрязнения почв исследуемых точек.

Точки	глубина	ТМ/ПДК (ОДК)							
		Pb	Cd	Zn	Mn	Cr	Co	Cu	Ni
1	0-10	0,61	1,28	0,21	0,13	0,35	2,16	0,24	1,37
		НО	ДО	НО	НО	НО	УО	НО	ДО
	10-20	0,42	0,95	0,19	0,14	0,30	1,88	0,21	0,97
		НО	НО	НО	НО	НО	ДО	НО	НО
2	0-10	0,28	1,21	0,08	0,11	0,20	1,36	0,18	1,16
		НО	ДО	НО	НО	НО	ДО	НО	ДО
	10-20	0,11	0,90	0,06	0,12	0,19	1,18	0,05	0,81
		НО	НО	НО	НО	НО	ДО	НО	НО
3	0-10	0,32	0,93	0,14	0,11	0,19	1,16	0,20	1,02
		НО	НО	НО	НО	НО	ДО	НО	ДО
	10-20	0,20	0,70	0,11	0,12	0,18	1,02	0,17	0,73
		НО	НО	НО	НО	НО	ДО	НО	НО
Класс опасности	1	1	1	3	2	2	2	2	

Где: Но – неопасная степень, ДО – допустимо опасная, УО – умеренно опасная, ЧО – чрезвычайно опасная

Проведенные исследования содержания ТМ в почвах, прилегающих к карьере, представлены в таблице 7. В целом ситуация с загрязнением почв тяжёлыми металлами на исследуемых участках не вызывает серьёзных опасений. Однако выявлены отдельные локальные превышения, требующие внимания. В точках 1 и 2 в верхнем слое по кадмию зафиксированы незначительные превышения (ДО – допустимо опасный уровень) 1,28 и 1,21 соответственно, в более глубоких слоях значения возвращаются к норме. Только в точке 1 обнаружено одно превышение (УО – умеренно опасный уровень) 2,16 в поверхностном слое, в остальных случаях – допустимые уровни. Также допустимые уровни в верхних слоях по никелю.

Превышения по кадмию, обнаруженные в ближайших к карьере точках, могут быть связаны с привнос с фосфорными удобрениями, которые могли

использоваться на прилегающих сельскохозяйственных территориях. Так как Туймазинский район входит в числа крупных производителей продукции сельского хозяйства Башкортостана. Превышение по кобальту и никелю в ближайших точках отбора может объясняться привнесением с карьерной техникой.

#### 4.3. Индекс суммарного загрязнения почв ( $K_{ci}$ ) и категория загрязнения исследуемых участков ( $Z_c$ )

Для количественной характеристики антропогенного влияния на почвенный покров применяется показатель аномальности содержания химических элементов - коэффициент концентрации ( $K_{ci}$ )

Суммарный показатель загрязнения равен сумме коэффициентов концентрации химических элементов.

$$Z_c = K_{c_1} + \dots + K_{c_n} - (n - 1), \text{ где}$$

$K_{ci}$  – коэффициент концентрации  $i$ -го элемента (учитываются только значения  $> 1$ );

$n$  – количество элементов, чьи концентрации превышают допустимый уровень.

Полученные значения индекса  $Z_c$  его значения сравнивают в соответствии с принятой шкалой для объективной оценки результатов (табл. 9).

Таблица 9. Установленные категории загрязнения.

Категория загрязнения почв	Величина $Z_c$
Допустимая	Менее 16
Умеренно опасная	16-32
Опасная	32-128
Чрезвычайно опасная	Более 128

Таблица 10. Результаты расчётов  $K_{ci}$  и суммарного загрязнения исследуемых почв тяжёлыми металлами

Точки	Глубина	$K_{ci}$								$Z_c$	
		Pb	Cd	Zn	Mn	Cr	Co	Cu	Ni		
1	0-10	1,62	2,56	0,49	0,82	1,92	0,98	0,81	0,94	8,14	ДО
	10-20	1,11	1,90	0,45	0,91	1,68	0,85	0,70	0,67	6,26	ДО
2	0-10	0,75	2,42	0,19	0,74	1,08	0,62	0,60	0,80	6,19	ДО
	10-20	0,29	1,80	0,13	0,81	1,06	0,54	0,15	0,56	4,33	ДО
3	0-10	0,86	1,86	0,32	0,70	1,05	0,53	0,67	0,70	5,68	ДО
	10-20	0,53	1,40	0,26	0,79	1,00	0,46	0,58	0,50	4,52	ДО

Для наглядности проведенные расчёты по показателю  $Z_c$  представлены в графическом виде.

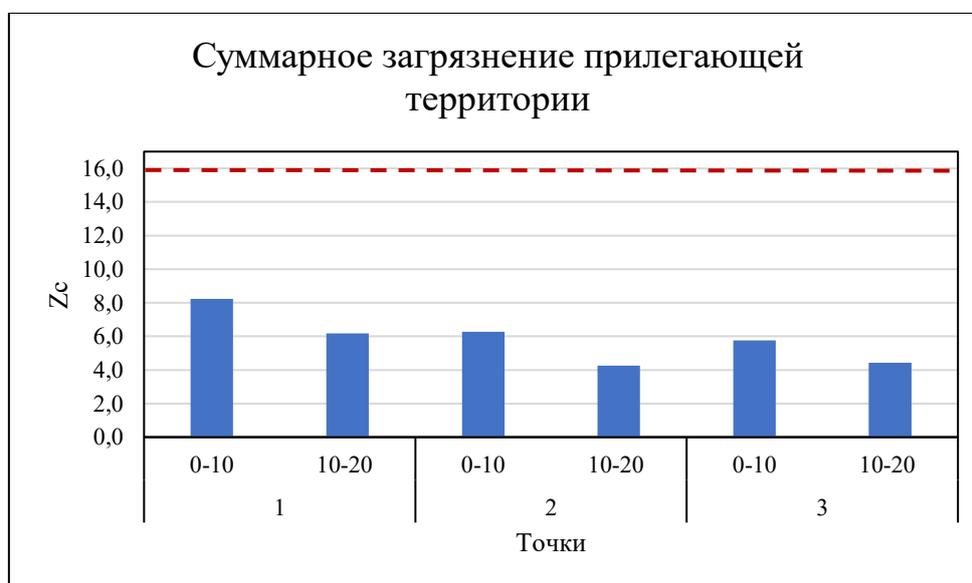


Рисунок 20 – Суммарное загрязнение прилегающей территории. Где красная пунктирная линия – это допустимая норма (ДО)

На основании проведённых расчётов суммарного показателя загрязнения ( $Z_c$ ) установлено, что почвы на всех исследуемых участках характеризуются значениями, не превышающими допустимую норму. Это свидетельствует о том, что уровень загрязнения тяжёлыми металлами находится в пределах безопасных значений, установленных нормами предельно допустимых концентраций (ПДК).

Почвы исследуемых участков находятся в удовлетворительном состоянии с точки зрения загрязнения тяжёлыми металлами. Однако важно продолжать мониторинг ситуации, учитывая то, что карьер находится в эксплуатации не долгое время.

## Глава 5. Рекомендации по оптимизации работы карьера по снижению нагрузки на прилегающую территорию

Разработка карьера по добыче песка и песчано-гравийной смеси оказывает значительное влияние на окружающую среду, включая почвенный покров, водные ресурсы, атмосферный воздух и биологическое разнообразие. Несмотря на то, что текущий уровень загрязнения почв тяжёлыми металлами вблизи карьера «Бульяр» не превышает допустимых норм, необходимо внедрение комплекса мер для минимизации негативного воздействия и предотвращения возможных экологических рисков в будущем. Оптимизация работы карьера должна включать технологические, организационные и природоохранные мероприятия, направленные на снижение нагрузки на прилегающую территорию.

Разработка месторождений полезных ископаемых неизбежно сопровождается образованием пыли, которая негативно влияет на здоровье работников, ускоряет износ оборудования и загрязняет окружающую среду. Основными источниками пыли в карьерах являются автотранспорт, дробильные установки, зоны погрузки и разгрузки сырья [29].

Для снижения запылённости применяются различные технологии:

1. Орошение водой — наиболее распространённый метод. Используются стационарные и мобильные дождевальные установки, а также системы полива, монтируемые на самосвалы. Однако эффект от воды кратковременный, особенно в жаркую погоду.

2. Гигроскопичные реагенты, такие как бишофит (хлорид магния). Они впитывают влагу из воздуха и долго удерживают её на дорожном покрытии, предотвращая подъём пыли.

3. Поверхностно-активные вещества (ПАВ) — улучшают смачиваемость пылевых частиц, усиливая действие воды.

4. Обработка дорог связующими материалами — битумом, полимерными плёнками или цементом. Это увеличивает срок между обработками и снижает пылеобразование.

Для минимизации загрязнения окружающей среды и своевременного выявления возможных изменений в экосистеме необходимо внедрение системы регулярного экологического мониторинга. Мониторинг должен включать контроль за состоянием почв, водных ресурсов, атмосферного воздуха. Периодичность отбора проб должна быть не реже 2 раз в год. Регулярный мониторинг позволит своевременно выявлять негативные изменения и принимать корректирующие меры.

Также должны включаться природоохранные мероприятия, такие как рекультивация земель и снижение воздействия на биоразнообразие. Поэтапная рекультивация отработанных участков карьера с восстановлением почвенного покрова с использованием местных видов растений для озеленения и укрепления склонов. Создание искусственных водоёмов или кормовых площадок для животных в компенсацию утраченных местообитаний и сохранение участков естественной растительности вокруг карьера.

Реализация предложенных мероприятий позволит значительно снизить негативное воздействие карьера «Бульяр» на окружающую среду, минимизировать возможные загрязнения почв тяжёлыми металлами. Важным аспектом является комплексный подход, сочетающий современные технологии, регулярный мониторинг и активное взаимодействие с местным сообществом. Это поможет повысить репутацию предприятия как ответственного природопользователя.

## Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были решены все поставленные задачи, что позволило достичь цели исследования — оценить влияние разработки карьера по добыче песка на экологическое состояние прилегающей территории. Основные результаты работы заключаются в следующем:

1. Анализ ресурсной базы недропользования Республики Башкортостан показал, что регион обладает значительными запасами минеральных ресурсов, включая песчано-гравийные смеси. Добыча этих ресурсов, несмотря на экономическую важность, оказывает негативное воздействие на экологию, включая разрушение почвенного покрова и загрязнение атмосферы. Особое внимание уделено Туймазинскому району, где добыча песка и песчано-гравийной смеси является одной из ключевых отраслей промышленности.

2. Физико-географическая характеристика карьера «Бульяр» позволила выявить особенности его расположения, климатических условий, геологического строения и почвенного покрова. Установлено, что карьер расположен в зоне с умеренно-континентальным климатом, где преобладают серые лесные почвы. Эти факторы необходимо учитывать при оценке экологических последствий его деятельности.

3. Анализ содержания тяжелых металлов в почвогрунтах показал, что наибольшие концентрации наблюдаются в непосредственной близости от карьера (10 м), но их значения не превышают предельно допустимых концентраций (ПДК). Исключение составляет кадмий, содержание которого в верхнем слое почвы (0-10 см) незначительно превышает ПДК (1,28 мг/кг при норме 1 мг/кг). По мере удаления от карьера концентрации тяжелых металлов снижаются, что свидетельствует о локальном характере загрязнения.

4. Оценка вклада карьера в загрязнение почвенно-растительного комплекса проведена с использованием индекса суммарного загрязнения ( $Z_c$ ).

Результаты показали, что уровень загрязнения почв тяжелыми металлами находится в допустимых пределах ( $Z_c < 16$ ). Однако выявлены локальные превышения по кадмию и кобальту, что требует дополнительного мониторинга и контроля.

5. Рекомендации по оптимизации работы карьера включают:

- Внедрение технологий для снижения пылеобразования (орошение водой, использование гигроскопичных реагентов).
- Регулярный экологический мониторинг почв, водных ресурсов и атмосферного воздуха.
- Проведение поэтапной рекультивации отработанных участков с восстановлением почвенного покрова и посадкой местных видов растений.
- Сохранение участков естественной растительности вокруг карьера для минимизации воздействия на биоразнообразие.

Таким образом, проведенное исследование подтвердило, что текущий уровень загрязнения почв тяжелыми металлами вблизи карьера "Бульяр" не представляет серьезной угрозы для экосистемы. Но для предотвращения возможных негативных последствий в будущем необходимо строго соблюдать природоохранные меры и продолжать мониторинг экологической ситуации. Реализация предложенных рекомендаций позволит снизить антропогенную нагрузку на прилегающую территорию и обеспечить устойчивое развитие карьера.

## Список литературы:

1. Абрамова, Л.М. Красная книга Республики Башкортостан. Том 1. Растения и грибы / Л.М. Абрамова, Э.З. Баишева, А.Х. Галеева. — Уфа: МедиаПринт, 2011. — 384 с.
2. Астанин, Л.П. Охрана природы / Л.П. Астанин, К.Н. Благодосклон. — 4-е изд., перераб. и доп. М.: Норма, 2018. — 255 с.
3. Бобров, С.А. Режим нарушения и восстановления земель на открытых горных работах / С.А. Бобров, В.Е. Кисляков // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, — 2017, — №3. — С.3-6.
4. В Башкирии в пять раз увеличилась выдача лицензий на использование недр // РБК. — [Электронный ресурс]. — URL: <https://ufa.rbc.ru/ufa/12/03/2025/67d1aec99a7947387deb5771> (Дата обращения 31.05.2025)
5. Воронина, Л. П. К нормированию кадмия в почве по его воздействию на растения / Л. П. Воронина, К. Э. Поногайбо, Е. Г. Абрамов [и др.] // Гигиена и санитария. — 2023. — Т. 102, № 11. — С. 1154-1162.
6. Воропаев, В. Н. Цинк в почвах и растениеводческой продукции стационарного опыта / В. Н. Воропаев, О. М. Пашкова. // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. — 2009. — № 2. — С. 31-35.
7. Гареев, А.М. География и экология Туймазинского района / А.М. Гареев, Р.Ф. Гатауллин, Л.М. Мухаметшина - учебное пособие - Туймазы, 2005. — 174с.
8. Географическое положение и климат Башкортостана // Туристический путеводитель Республики Башкортостан. — [Электронный ресурс]. — URL: <https://visit->

[bashkortostan.ru/geograficheskoe-polozhenie-i-klimat-bashkortostana/](http://bashkortostan.ru/geograficheskoe-polozhenie-i-klimat-bashkortostana/) (Дата обращения 31.05.2025)

9. География Республики Башкортостан // Охота в Республике Башкортостан. — [Электронный ресурс]. —

URL: [http://bashhunter.ru/geografiya\\_respubliki\\_bashkortostan](http://bashhunter.ru/geografiya_respubliki_bashkortostan) (Дата обращения 31.05.2025)

10. Гладких, С. И. Инвазионные виды растений городов Западной части Республики Башкортостан (города Октябрьский и Туймазы) / С. И. Гладких, Я. М. Голованов // Фиторазнообразие Восточной Европы. — 2024. — Т. 18, № 4. — С. 58-69.

11. Дауд, Р. М. Оценка устойчивости аридных почв Юга Европейской части России к загрязнению кадмием по биологическим показателям / Р. М. Дауд, С. И. Колесников, А. А. Кузина [и др.] // Вестник Московского университета. Серия 5: География. — 2021. — № 1. — С. 78-87.

12. Добыча нерудных строительных материалов // Справочник. — [Электронный ресурс]. — URL: <https://uralzsm.ru/Spravochnik/Dobycha-nerudnykh-stroitel-nykh-materialov> (Дата обращения 09.05.2025)

13. Как тяжелые металлы ухудшают здоровье почвы и растений. Медь // DIRECT.FARM. — [Электронный ресурс]. — URL: <https://direct.farm/post/kak-tyazhelyye-metally-ukhudshayut-zdorovye-pochvy-i-rasteniy-med-25015> (Дата обращения 05.06.2025)

14. Кашапова, А. А. Природные ресурсы республики Башкортостан / А. А. Кашапова // Форум молодых ученых. — 2020. — № 1(41). — С. 286-288.

15. Ковалев, С.Г. Полезные ископаемые Республики Башкортостан (металлы) / С. Г. Ковалев, Д. Н. Салихов, В. Н. Пучков — Уфа: Альфа-реклама, 2016. — С. 554

16. Кулагин, А. А. Техногенное воздействие на ландшафт Чесноковского месторождения песчано-гравийной смеси в Республике

Башкортостан / А. А. Кулагин, Л. М. Хабирова. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 1(57). – С. 121-123.

17. Лукин, С. В. Мониторинг содержания никеля в почвах / С. В. Лукин // Достижение науки и техники АПК - № 3. – 2011. – С. 14-15.

18. Лукин, С.В. Мониторинг содержания хрома в сельскохозяйственных культурах и почвах / С.В. Лукин. // Достижение науки и техники АПК. — № 6. — 2011. — С. 54-55.

19. Майоров, Е.С. Направления развития добычи нерудного строительного сырья в России / Е. С. Майоров, Е. Ю. Горбунов, К. С. Маликова, Т. Д. Нагимулина // Естественные и математические науки в современном мире. – 2016. – № 39. – С. 119-123.

20. Медь в земледелии: значение и применение // Ирий. — [Электронный ресурс]. — URL: <https://iriy.online/blog/post/869/> (Дата обращения 05.06.2025)

21. Минеев, В.Т. Накопление тяжелых металлов в почве и поступление их в растения в длительном агрохимическом опыте / В. Т. Минеев, Н. Ф. Гомонова // Докл. РАСХН. —1993. — № 6. — С. 20–22.

22. Морковкин, Г. Г. Возможные медико-экологические проблемы, обусловленные различным поступлением химических элементов в систему "почва-овоци-человек" / Г. Г. Морковкин, Е. В. Панова // Известия Алтайского государственного университета. – 2004. – № 3(33). – С. 66-70.

23. Назаренко, Н. В. Воздействие разработки месторождений по добыче общераспространенных полезных ископаемых на окружающую природную среду / Н. В. Назаренко, А. Н. Петин, Т. Н. Фурманова // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. – С. 610.

24. Недра республики хранят глины, песка и гравия на 14 миллиардов долларов США // Башинформ. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.bashinform.ru/news/detalno/2006-03-31/nedra->

[respubliki-hranyat-gliny-peska-i-graviya-na-14-milliardov-dollarov-ssha-1997431](#) (Дата обращения 09.05.2025)

25. Негативное влияние никеля на организм человека. Физиологическая роль // НПП Электрохимия. — [Электронный ресурс]. — URL: <https://zctc.ru/sections/econickl> (Дата обращения 05.06.2025)

26. Немерешина, О.Н. Накопление кобальта и кадмия в растительном сырье и почвах техногенных зон / О. Н. Немерешина, Н.Ф. Гусев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — №3. — 2020. — С. 122-126.

27. О районе // Муниципальный район Туймазинский район Республики Башкортостан. — [Электронный ресурс]. — URL: <https://tuimazy.bashkortostan.ru/district/> (Дата обращения 08.05.2025)

28. Петин, А.Н. Минерально-сырьевые ресурсы и геологоэкономическая оценка месторождений полезных ископаемых / А. Н. Петин, С. С. Мининг – Белгород: БелГУ, 2017. – 205 с.

29. Писарев, В. С. Методы борьбы с пылью на карьерных дорогах / В. С. Писарев, А. А. Басаргин // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2020. – Т. 1, № 1. – С. 15-21.

30. Последствия добычи песка и методы их решения // статья от компании Карьер Приморский. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://dv-pesok.ru/o-kompanii/novosti-i-stati/posledstviya-dobychi-peska-i-metody-ikh-resheniya/> (Дата обращения 31.05.2025)

31. Природа Туймазинского района – Межпоселенческая центральная библиотека муниципального района Туймазинский район. — [Электронный ресурс]. — URL: [https://tuimazimcb.ru/index.php?id=891&layout=item&option=com\\_k2&view=item](https://tuimazimcb.ru/index.php?id=891&layout=item&option=com_k2&view=item) (Дата обращения 08.05.2025)

32. Растительный мир — Межпоселенческая центральная библиотека муниципального района Туймазинский район. —

[Электронный ресурс]. —

URL: [https://tuimazimcb.ru/index.php?option=com\\_k2&view=item&layout=item&id=903](https://tuimazimcb.ru/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=903) (Дата обращения 08.05.2025)

33. Рогачева, С.М. Влияние растворимых соединений марганца на высшие растения и оценка фитоэкстракционной способности растений / С.М. Рогачева, А.Ф. Каменец, Н.А. Шилова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. –2016. — № 5 — 3. – С. 484-488.

34. Тажетдинова, Н.С. Геоэкологическая оценка и контроль антропогенного воздействия при добыче минерального сырья // Геология, география и глобальная энергия, — 2021. — №2. — С. 235-341.

35. Титов, А. Ф. Влияние свинца на живые организмы / А. Ф. Титов, Н. М. Казнина, Т. А. Карапетян, Н. В. Доршакова // Журнал общей биологии. – 2020. – Т. 81, № 2. – С. 147-160.

36. Томаков, П.И. Экология и охрана природы при открытых горных работах / П.И. Томаков, В.С. Коваленко, А.М. Михайлов, А.Т. Калашников. – 2-е изд., перераб и доп. – М.: Московский государственный горный университет, 2019. — 417 с.

37. Туймазинский завод ЖБИ начал сотрудничать с крупной строительной фирмой Москвы // Туймазинский вестник. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://tuvest.ru/news/novosti/2023-08-13/tuymazinskiy-zavod-zhbi-nachal-sotrudnichat-s-krupnoy-stroitelnoy-firmoy-moskvy-3386063> (Дата обращения 27.05.2025)

38. Физическая география Туймазинского района // Школьный географический клуб «РАЙМАНТАУ». — [Электронный ресурс]. — URL: [https://raimantau.narod.ru/html/fiz\\_geography.html](https://raimantau.narod.ru/html/fiz_geography.html) (Дата обращения 08.05.2025)

39. Чернова, Н.М. Общая экология. / Н.М. Чернова, А.М. Былов. — М.: Дрофа, 2004. — 430 с.

40. Что такое нерудные материалы, какие бывают виды нерудных ресурсов // СтройФорм. – [Электронный ресурс] – URL: <https://stroyform-nn.ru/articles/что-такое-нерудные-материалы> (Дата обращения 09.05.2025)

41. Экологическая оценка загрязнения тяжелыми металлами почв промышленных зон города Сибай / Р. Ф. Хасанова, Я. Т. Суюндуков, И. Н. Семенова [и др.] // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2017. – № 12(212). – С. 74-77.