

**Казахский национальный университет имени аль-Фараби**

УДК 632.95 (574.51) (043)

на правах рукописи

**АЙТЖАН МЕНТАЙ УЛДАХАНҚЫЗЫ**

**Оценка состояния фитоценозов бывших хранилищ пестицидов  
Алматинской области**

6D061300-Геоботаника

Диссертация на соискание степени доктора философии (PhD)

Научный консультант:  
Инелова З.А., к.б.н., профессор

Зарубежный научный консультант:  
Boros Emil, PhD

Республика Казахстан  
Алматы, 2024

## Содержание

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	3
ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	4
ВВЕДЕНИЕ	5
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	10
1.1 Экологические риски аккумуляции неупотребленных пестицидов	10
1.2 Влияние загрязняющих веществ на эколого-ценотическое разнообразие растений	11
2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	18
2.1 Объекты исследования	18
2.2 Места отбора объектов исследования	18
2.3 Методы исследования	22
2.3.1 Геоботанические и флористические методы исследования	22
2.3.2 Анализ проб растений на определения остаточных количеств пестицидов и тяжелых металлов в наземной части вегетативных органов доминантных растений	23
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ	25
3.1 Анализ видового состава флоры	25
3.2 Экологический анализ	40
3.3 Хозяйственное значение дикорастущих растений	48
3.4 Изучение аккумуляции пестицидов и продуктов их распада, тяжелых металлов в доминантных растениях	50
3.4.1 Определение остаточного количества пестицидов в вегетативных органах доминантных дикорастущих, кормовых растений	51
3.4.2 Определение валового содержания тяжелых металлов в вегетативных органах доминантных дикорастущих, кормовых растений	65
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	81
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	84
ПРИЛОЖЕНИЕ А	95

## **НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ**

Данная диссертация написана и оформлена в соответствии со следующими стандартами:

ГОСТ 7.12-93 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила.

ГОСТ 7.32-2017 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

ГОСТ 7.9-95 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация. Общие требования.

ГОСТ 7.82-2001. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографические описание электронных ресурсов. Общие правила составления.

## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

АА – *Artemisia annua* L.

ВІ – *Bromus inermis* Leyss.

РС – *Rumex confertus* Willd.

ТР – *Trifolium pratense* L.

АГ – Амангельды

ББ – Бельбулак

БК – Бескайнар

БР – Бригада 2

БШ 19 – Басши 2019

БШ 20 – Басши 2020

КК – Кызылкайрат

ТК – Таукаратурык

ООН – Организация объединенных наций

СОЗ – Стойкие органические загрязнители

ЮНЕП – Программа ООН по окружающей среде

## ВВЕДЕНИЕ

**Общая характеристика работы.** Диссертационная работа посвящена изучению флоры и растительных сообществ на территории бывших хранилищ пестицидов Алматинской области, аккумуляции пестицидов и продуктов их распада, а также тяжелых металлов растениями.

**Актуальность исследования.** В силу развала государственной системы сельского хозяйства основная масса непригодных и запрещенных пестицидов в области хранится в непригодных помещениях. Многие, построенные еще в 60-х годах склады, уже разрушены и являются бесхозными [1]. Это дает возможность проникновению пестицидов в подземные воды, почву, выделение в воздух токсичных веществ, возникновение очагов возгорания, отравление растений, животных и птиц. Некоторые склады находятся в черте населенных пунктов, что создает реальную угрозу здоровью людей. В большинстве отечественных и зарубежных литературных источниках имеются сведения об изменениях состояния живых организмов, в условиях современного химического и радиационного загрязнения окружающей среды [2-5].

Пестициды расходуются лишь частично, а их остаточные вещества сохраняются в среде. Несмотря на сравнительно низкие концентрации в воде, почве и донных отложениях, пестициды могут довольно интенсивно накапливаться в жизненно важных органах и тканях практически всех живых организмов. В то время, как главная опасность тяжелых металлов заключается не в явном отравлении, а в том, что они способны постепенно концентрироваться в организме человека, преодолевая цепочку: «почва-растение-животное-человек» [6].

Актуальность исследования состояния фитоценозов на территории бывших хранилищ пестицидов в Алматинской области обусловлена важностью охраны окружающей среды и обеспечения устойчивого развития. Пестициды, широко применяющиеся в сельском хозяйстве на протяжении десятилетий, накапливаются в почвах, что приводит к деградации экосистемы и утрате биоразнообразия. В особенности данная проблема актуальна в районах загрязнения почв и растительных сообществ, где ранее находились хранилища пестицидов, так как их воздействие на экосистемы может сохраняться на протяжении десятилетий [7]. В условиях глобальных изменений климата и растущей антропогенной нагрузки на природные ресурсы, необходимость оценки и мониторинга состояния фитоценозов на таких территориях приобретает особое значение. В Алматинской области, где сельское хозяйство играет ключевую роль, экологическое благополучие напрямую связано с качеством почв и состоянием растительных сообществ [8]. Восстановление и поддержание устойчивости фитоценозов на загрязненных территориях является важным этапом к обеспечению экологической безопасности региона. Современные методы оценки состояния экосистем позволяют более точно определить уровень их деградации и выработать стратегии восстановления [9]. В этом контексте, исследование фитоценозов бывших хранилищ пестицидов предоставляет возможность не только оценить текущее состояние экосистем, но

и предложить эффективные меры по их восстановлению. Проведение данного исследования способствует расширению научных знаний в области экологической безопасности и устойчивого использования земельных ресурсов. Таким образом, результаты работы будут полезны не только для научного сообщества, но и для практиков в области охраны окружающей среды, землепользования и сельского хозяйства, что делает тему исследования актуальной и значимой.

Роль инвентаризации биоразнообразия растений на территориях бывших хранилищ пестицидов является ключевой в процессе оценки и восстановления деградированных экосистем. Инвентаризация позволяет получить исчерпывающую информацию о видовом составе, структуре и состоянии растительных сообществ, что необходимо для понимания степени воздействия загрязнения на экосистемы [10]. Оценка биоразнообразия растений дает возможность выявить виды, наиболее чувствительные к загрязнению, а также устойчивые виды, которые могут использоваться в программах по восстановлению и ремедиации [11]. Кроме того, инвентаризация способствует пониманию динамики изменений в экосистемах, что важно для разработки стратегий их охраны и устойчивого использования [12]. Таким образом, инвентаризация биоразнообразия растений в местах бывших пестицидохранилищ играет фундаментальную роль в сохранении и восстановлении природных экосистем, что является неотъемлемой частью устойчивого развития региона.

**Объект исследования:** растения и растительные сообщества бывших хранилищ пестицидов Алматинской области.

**Цель исследования:** провести оценку состояния фитоценозов бывших хранилищ пестицидов Алматинской области.

**Задачи исследования:**

1. Изучить видовое разнообразие фитоценозов бывших хранилищ пестицидов Алматинской области и охарактеризовать таксономический состав выявленной флоры;
2. Провести экологический анализ выявленных растений бывших хранилищ пестицидов;
3. Установить полезные группы растений на основе анализа хозяйственно значимых видов;
4. Изучить аккумуляцию пестицидов, продуктов их распада и тяжелых металлов некоторыми доминантными и кормовыми растениями.

**Методы исследования.** Для обследования мониторинговых точек был использован маршрутно-рекогносцировочный метод. Изучение растительных объектов проводили с помощью традиционных геоботанических методов исследований, включая описание растительных сообществ [13-16]. Для идентифицирования собранного материала были использованы основные научные справочники и сводки: «Флора Казахстана» [17-25], «Иллюстрированный определитель растений Казахстана» [26-27], «Определитель растений Средней Азии» [28-37] и др. Для проведения анализа сорных растений был использован многотомник «Сорные растения СССР» [38-

41]. Распределение растений по жизненным формам проведено на основании классификации И.Г. Серебрякова [42-44] и К. Раункиера [45]. Определение полезных групп выявленных растений проведено на основании классификации М.М. Ильина [46, 47]. Для уточнения хозяйственного значения отдельных видов были использованы «Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений» [48], а также сборник «Растительные ресурсы» [49-55], «Аннотированный список лекарственных растений Казахстана» [56] и каталог «Дикорастущие полезные растения Казахстана» [57]. Написание латинских названий, номенклатурные изменения таксонов были выверены в соответствии с международным электронным ресурсом Plants of the World Online (POWO) [58]. Карты и схемы мониторинговых и контрольных точек созданы с помощью программы ArcGIS 10.8.2 [59]. Остаточное количество пестицидов было определено методом газовой хроматографии и масс-спектрометрии, валовое содержание тяжелых металлов – методом атомно-абсорбционной спектрометрии [60, 61].

#### **Научная новизна исследования.**

- Впервые проведен детальный флористический анализ в 5-и мониторинговых точках расположения устаревших запасов пестицидов и в 3-х экологически благоприятных контрольных пунктах Алматинской области.

- Впервые в мониторинговых точках Амангельды и Бельбулак уточнен современный видовой состав растений.

- Установлено, что на всей исследованной территории содержание в доминантных, кормовых наземных растениях Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Co и Mn находятся в пределах предельно допустимых концентраций (ПДК) или незначительно превышают допустимый уровень.

- Выявлено, что среди исследованных растений *Rumex confertus* Willd. и *Artemisia annua* L. обладают наибольшей способностью к аккумуляции пестицидов, а *Artemisia annua* L., *Trifolium pratense* L. и *Rumex confertus* Willd. - к тяжелым металлам.

**Теоретическая значимость работы.** Теоретическое значение работы заключается в расширении научных знаний о состоянии фитоценозов на загрязненных пестицидами территориях, разработке научной основы для их оценки и восстановления, а также в использовании современных методов анализа для углубления представлений об устойчивости растительных сообществ к антропогенному воздействию. Полученные результаты формируют базу для дальнейших исследований и совершенствования подходов к мониторингу и восстановлению экосистем. Предложенные меры могут быть применены для повышения экологической безопасности, устойчивого использования земельных ресурсов и восстановления биоразнообразия в регионе.

**Практическая ценность исследования** заключается в возможности использования ее результатов для решения экологических проблем, связанных с загрязнением почв пестицидами. Результаты исследования могут быть применены для разработки программ по восстановлению экосистем на территориях бывших хранилищ пестицидов, оценки экологического риска,

разработки методов фиторемедиации и повышения осведомленности общественности о проблеме загрязнения.

Полученные данные будут полезны как для научного сообщества, так и для практиков в области охраны окружающей среды, землепользования и сельского хозяйства, а также для специалистов, занимающихся восстановлением деградированных земель.

#### **Основные положения, выносимые на защиту**

- Уточнен современный видовой состав мониторинговых точек бывших хранилищ пестицидов и контрольных пунктов Алматинской области - 177 видов из 130 родов и 45 семейств, с наибольшим количеством видов в точке Бригада 2 (119 видов, 89 родов, 28), наименьшим – в точке Бельбулак (103 вида, 82 рода, 27 семейств).

- Выявлено, что среди исследованных растений *Rumex confertus* Willd. и *Artemisia annua* L. обладают наибольшей способностью к аккумуляции пестицидов, а *Artemisia annua* L., *Trifolium pratense* L. и *Rumex confertus* Willd. - к тяжелым металлам.

- Установлено, что уменьшение биологического разнообразия (Biodiversity Index = 0,65) связано с повышенной концентрацией цинка (12,1 мг/кг), оказывающего токсичное воздействие на растения и влияющего на усвоение других элементов.

**Связь с планом основных научных работ:** Диссертационная работа была выполнена в рамках научно-технической программы: № BR05236379 «Комплексная оценка влияния неутилизованных и запрещенных к использованию пестицидов на генетический статус и здоровье населения Алматинской области».

**Личный вклад** докторанта включает сбор данных по теме исследования, выполнение теоретических и экспериментальных исследований, в том числе анализ, интерпретация и представление результатов, а также подготовку статей к публикации, написание диссертации.

**Апробация работы.** Материалы диссертационной работы представлены и обсуждены на следующих конференциях:

- Международная конференция студентов и молодых ученых «Фараби әлемі», 2019 год, Алматы, Казахстан;

- European Biotechnology Congress, 11–13 апреля 2019, Валенсия, Испания;

- Международная научно-практическая конференция «Современные проблемы биотехнологии: от лабораторных исследований к производству», 4–5 июня, 2021 г., Алматы, Казахстан;

- The 5th Symposium on EuroAsian Biodiversity, 01–03 июнь 2021, Алматы, Казахстан;

- Международная конференция студентов и молодых ученых «Фараби әлемі», 2024 год, Алматы, Казахстан.

**Публикации.** В рамках выполнения диссертационной работы опубликованы 12 научных работ и подана 1 заявка на патент полезную моделью. 1 публикация опубликована в международном рецензируемом научном журнале, 1 публикация была опубликована в международном рецензируемом научном журнале.



журнале, имеющих проценты по CiteScore в базе Scopus не менее 50, 3 статьи изданы в журналах из Перечня изданий рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан. Также, по результатам программы были выпущены «Кадастр устаревших пестицидов Алматинской области на примере Талгарского района» (2020 г.) и Брошюра «Устаревшие стойкие пестициды: реальность и угроза» (2020 г.).

#### **Структура диссертации.**

Диссертационная работа изложена на 100 страницах компьютерного текста, и состоит из обозначений и сокращений, введения, обзора литературы, материалов и методов, результатов обсуждения, заключения и списка использованных литератур. Диссертация содержит 8 таблиц, 23 рисунков и 1 приложение.

# 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

## 1.1 Экологические риски аккумуляции неутилизованных пестицидов

Интенсификация сельскохозяйственного производства в XX веке сопровождалась повсеместным применением пестицидов, целью которых являлась защита урожая от вредителей, болезней и сорняков. Использование этих химических соединений позволило значительно повысить урожайность и обеспечить продовольственную безопасность. Однако, параллельно с этим, возникли серьезные экологические проблемы, связанные с накоплением остатков пестицидов в окружающей среде, их миграцией и воздействием на экосистемы [62].

На начальных этапах применения пестицидов их использование основывалось на недостаточно изученных научных данных, что привело к широкому внедрению стойких органических загрязнителей, таких как ДДТ и хлорорганические соединения. Эти вещества демонстрировали высокую эффективность, но их устойчивость в окружающей среде привела к долгосрочному загрязнению почв, воды и биоты [63].

Одной из основных проблем стало нецелесообразное обращение с пестицидами, особенно после запрета их использования или устаревания. В странах бывшего СССР, включая Казахстан, многие склады, построенные в советский период, не соответствуют современным требованиям экологической безопасности. Разрушение конструкций, утрата герметичности тары и несанкционированный доступ приводят к утечкам токсичных веществ в почву, воду и атмосферу [64].

Казахстан, обладая значительными аграрными территориями, стал одной из стран, наиболее подверженных к проблеме загрязнения пестицидами. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (FAO), на 2014 год Казахстан занимал шестое место среди некоторых стран по количеству устаревших пестицидов, накопленных на складах и в окружающей среде [65, 66]. Устаревшие запасы пестицидов представляют собой не только угрозу для здоровья населения и экосистем, но и способствуют загрязнению природных ресурсов, препятствуя устойчивому социально-экономическому развитию. Очаги загрязнения почв отходами пестицидов, относящихся к группе стойких органических загрязнителей (СОЗ), многочисленны и распределены по территории страны хаотично. На данный момент инвентаризация пестицидов с характеристиками СОЗ охватила лишь 20% площади страны, что указывает на значительный объем работы, требующей решения [67-69, 74].

Согласно данным ЮНЕП, в 2004 году в ходе инвентаризации в Казахстане было выявлено более 1 500 тонн запрещенных и непригодных к использованию пестицидов, а также их смесей неизвестного состава. К 2008 году их количество увеличилось до 10 000 тонн. По информации Министерства сельского хозяйства на июль 2012 года, на складах различных регионов

республики хранилось около 6 931,4 тонны устаревших, запрещенных и непригодных к использованию пестицидов [70-74].

Примером несоответствующего нормам хранения пестицидов в Казахстане являются склады, расположенные в Талгарском районе Алматинской области. Этот район, известный своим развитым сельским хозяйством, в прошлом подвергся значительному загрязнению вследствие интенсивного использования пестицидов. Остаточные количества пестицидов, обнаруженные в почвах, свидетельствуют о долгосрочном воздействии этих веществ. Проблема усугубляется наличием заброшенных сельскохозяйственных угодий, где пестициды могут сохраняться десятилетиями, оказывая негативное влияние на грунтовые воды, атмосферу и биоразнообразие. Большинство складов, построенных в 1960–1970-х годах, не модернизировались и находятся в неудовлетворительном состоянии. По данным исследования 2020 года, около 40% складов признаны аварийными, что приводит к утечке химических веществ в окружающую среду, включая близлежащие водные объекты [74]. Исследования, проведенные в 2021 году, выявили превышение предельно допустимых концентраций хлорорганических соединений в почвах на 15–20% вблизи бывших складов пестицидов. Данный регион характеризуется значительным загрязнением почвы пестицидами, особенно устаревшими. Территории бывших складов хранения пестицидов превратились в так называемые «горячие точки» – очаги повышенной экологической угрозы для окружающей среды и здоровья населения [75, 76].

После распада СССР Казахстан столкнулся с острыми трудностями, связанными с утилизацией запрещенных и устаревших пестицидов. Вследствие разрушения инфраструктуры, заброшенности складов и отсутствия надлежащего контроля, произошло значительное загрязнение окружающей среды ядохимикатами. Присоединение к Стокгольмской конвенции в 2007 году стало важным этапом на пути к решению этой проблемы, однако большая часть пестицидов до сих пор остается не утилизированной. Проведенные исследования подтверждают, что содержание хлорорганических соединений в почвах на территориях, прилегающих к бывшим хранилищам, многократно превышает допустимые нормы, что создает серьезную экологическую угрозу [78].

Проблема загрязнения окружающей среды пестицидами требует комплексного подхода, включающего экологические исследования, разработку технологий утилизации и восстановление загрязненных территорий. Это особенно актуально для Казахстана, где исторически сложившиеся очаги загрязнения продолжают представлять угрозу для экосистем и здоровья населения.

## **1.2 Влияние загрязняющих веществ на эколого-ценотическое разнообразие растений**

В настоящее время, в связи с увеличением темпа научно-технического прогресса, бурной индустриализацией, постоянно возрастающей хозяйственной деятельности человечества, антропогенной нагрузке с каждым днем все более

усиливается загрязнение окружающей среды различными токсикантами, в том числе пестицидами и тяжелыми металлами.

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами и пестицидами является одной из наиболее острых экологических проблем современности. Особенно уязвимыми оказываются растительные сообщества, которые выступают важными индикаторами состояния экосистем [79, 80].

Пестициды относятся к опасным химическим загрязнителям почвы, избыток которых вызывает необратимые изменения и нарушает жизненно важные функции экосистемных обитателей. В дополнение к проблеме загрязнения окружающей среды пестицидами в последние годы растет внимание к вопросам загрязнения почвы, растительности и водных ресурсов тяжелыми металлами. [81-83]. Главная опасность тяжелых металлов не в явном отравлении, а в том, что они способны постепенно концентрироваться в организме человека, преодолевая цепочку: «почва/вода – растение – животное – человек» [84].

Почва является основным депонирующим компонентом для пестицидов. Попадая в нее, химические соединения подвергаются процессам трансформации, миграции и сорбции [85]. Это приводит к изменению химического состава почвы, подавлению жизнедеятельности микроорганизмов и снижению плодородия [86, 87].

Водные экосистемы, высокочувствительные к токсичному воздействию, страдают от миграции пестицидов с поверхностным стоком и инфильтрационными водами. Это проявляется в нарушении роста, развития и размножения гидробионтов, что может привести к их гибели [88, 89].

Загрязнение атмосферного воздуха летучими соединениями пестицидов усиливается в результате испарения с поверхности почвы и растительности. Это создает риск развития респираторных заболеваний у населения и нарушает экологический баланс [90].

Пестициды также обладают широким спектром токсического действия на организмы. Они могут вызывать острые и хронические отравления, подавлять иммунитет, нарушить репродуктивные функции и приводить к гибели полезных видов. Наиболее уязвимыми являются нецелевые виды, включая насекомых-опылителей, птиц и млекопитающих [91-94].

Более подробно остановимся на влиянии тяжелых металлов и пестицидов на растения. Тяжелые металлы и пестициды поглощаются растениями в основном через корневую систему, хотя при наличии загрязнений в воздухе возможно их поступление через листья [95]. После проникновения в растение тяжелые металлы и пестициды могут транспортироваться в различные ткани, включая корни, стебли, листья, семена и плоды. Корни часто выступают в качестве основных мест накопления, особенно для тяжелых металлов, образуя защитный барьер, ограничивающий перенос этих вредных веществ в другие части растения. Однако у некоторых видов, известных как гипераккумуляторы, значительное количество тяжелых металлов накапливается в стеблях и листьях, что может быть стратегией выживания в токсичной среде [96, 97]. Хотя семена и плоды менее подвержены накоплению, иногда они также содержат эти загрязняющие вещества, что создает прямую угрозу для потребителей и

способствует дальнейшему распространению загрязнения в экосистемах [98-100].

Присутствие тяжелых металлов и пестицидов в растениях часто нарушает их физиологические процессы. Фотосинтез, который является критически важным для роста растений, может быть значительно подавлен, так как загрязнители мешают синтезу и функционированию хлорофилла. Это приводит к снижению выработки энергии и общему ослаблению жизнеспособности растений [101]. Кроме того, тяжелые металлы конкурируют с необходимыми питательными веществами за поглощение, вызывая дефицит, который проявляется в замедлении роста и нарушении развития. Накопление токсичных веществ также приводит к образованию активных форм кислорода в клетках растений, вызывая окислительный стресс и повреждение клеток. Эти физиологические нарушения усугубляются тем, что растение вынуждено направлять энергию на изоляцию или детоксикацию загрязнителей, что сокращает ресурсы для роста и размножения, тем самым еще больше снижая его общую жизнеспособность [102, 103].

На экосистемном уровне, воздействие тяжелых металлов и пестицидов в растениях выходит за рамки отдельных организмов, влияя на целые экосистемы. Чувствительные виды растений часто не выживают в загрязненной среде, что приводит к изменению состава видов и снижению биоразнообразия. Устойчивые виды, включая гипераккумуляторы, могут доминировать в таких районах, что приводит к гомогенизации растительных сообществ и снижению экологической устойчивости. Воздействие на разнообразие растений имеет каскадный эффект на трофические взаимодействия; например, травоядные, питающиеся загрязненными растениями, могут накапливать токсины, которые затем передаются по пищевой цепи хищникам. Такое биоаккумулятивное нарушение нарушает баланс хищник-жертва и дестабилизирует экосистему. Кроме того, почвенные микроорганизмы, играющие важную роль в круговороте питательных веществ и поддержании здоровья растений, также страдают от присутствия загрязнителей, что еще больше ухудшает состояние экосистем [84, 99, 101]. Избыточное присутствие пестицидов в окружающей среде способствует их накоплению и проявляется с определенной спецификой. Аналогично, любой металл или металлоид может считаться "загрязнителем", если его наличие в среде является нежелательным или он присутствует в форме или концентрации, оказывающей негативное влияние на человека или окружающую среду [104, 105]. Концентрация растворенных металлов и их форм существенно влияет на их усвоение растениями. При этом процесс поглощения металлов растениями зависит главным образом от их концентрации в почвенном растворе, а не от общего содержания металлов в почве [106]. Такие тяжелые металлы как свинец, мышьяк, селен, кадмий, медь, цинк, уран, ртуть и никель, представляют значительную угрозу здоровью из-за их попадания в пищевую цепь. Почва, насыщенная питательными веществами, играет ключевую роль в обеспечении сельскохозяйственного производства и создании продовольственных ресурсов. Однако чрезмерное использование агрохимических препаратов, а также изменения экологических условий, приводят к накоплению тяжелых металлов в

почве. Это не только ухудшает качество почвы, но и создает существенный риск для здоровья человека, нарушая экологическое равновесие и угрожая безопасности продуктов питания [107-109].

Этой проблеме были посвящены работы А.А. Нуржановой [110, 111], которая на протяжении многих лет занимается изучением степени воздействия пестицидов на растительность и почву «горячих точек», анализом сведений о физиолого-биохимических и генетических аспектах их влияния, отбором устойчивых видов растений к загрязнению пестицидами.

А.А. Нуржановой и С.С. Айдосовой [112] изучено остаточное количество хлорорганических пестицидов в тканях 13 видов растений. Выявлено, что миграция пестицидов из почвы в растительные ткани напрямую зависит от начальной концентрации пестицидов в почве и общей биомассы растений. С использованием гистологического метода установлено, что характер накопления пестицидов в тканях растений определяется типом листа: они концентрируются либо в палисадном мезофилле, либо в мезофильных клетках, окружающих проводящие пучки.

По результатам исследований З.А. Инеловой, А.А. Нуржановой, Р.Д. Жамабалиновой и др. [113] в Алматинской области была проведена биоиндикация окружающей среды с использованием фитоценозов. На территориях хранения пестицидов в Алматинской области было проведено исследование видового разнообразия фитоценозов с целью выявления растений, обладающих способностью к накоплению пестицидов. Кроме того, установлена значительная изменчивость фенологических фаз и морфологических характеристик растений под воздействием загрязнения почвы пестицидами.

Согласно полученным данным А.А. Нуржановой, З.Г. Айташевой, С.Н. Калугиным и др. [114, 115] по изучению аккумуляционной способности хлорорганических пестицидов представителями семейства Cucurbitaceae и возможности использования их в очистке пестицид-загрязненных почв наибольшей активностью обладали два сорта тыквы «Пищевая» и *Zquetta ornamentale*.

Также А.А. Нуржановой были проделаны работы [68, 116, 117] по изучению детоксикации пестицидов с помощью растений. Было выявлено, что детоксикация же пестицидов происходит благодаря ремедиационной способности растений уменьшать содержание в почве путем их аккумуляирования в своих тканях. Снижение токсического воздействия пестицидов по мере удаления от очага заражения влияет не только на изменения видового состава, но и на сочетание совместно произрастающих растений. Проблемой изучения загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами и токсичностью пестицидов занимаются не только на территории Казахстана, но и во всем мире. Выводы исследования подчеркивают необходимость комплексного подхода к оценке экологического состояния загрязненных территорий. Для этого требуется сочетание химического анализа почвы, мониторинга состояния растительности и использования биоразнообразия как ключевого индикатора. Только такой подход позволит эффективно

разрабатывать стратегии по восстановлению экосистем и минимизации последствий антропогенного загрязнения.

В последние годы большое количество работ зарубежных авторов посвящено проблемам загрязнения окружающей среды пестицидами и тяжелыми металлами, что еще раз доказывает актуальность выбранной темы [1-4, 6, 63, 79, 81, 83, 84, 98, 99].

В исследовании, проведенном на территории заброшенной шахты в Сьерра-де-Гвадаррама, Испания, детально изучено влияние тяжелых металлов, таких как цинк (Zn), кадмий (Cd), медь (Cu) и свинец (Pb), на биоразнообразие растений. Результаты данного исследования показали, что высокая концентрация тяжелых металлов в почве приводит к значительному снижению видового разнообразия растительности, что измерялось с использованием индекса Шеннона и подсчетом видового богатства. Среди всех изученных элементов наибольшее негативное воздействие на биоразнообразие оказал цинк, за которым следовали кадмий, медь и свинец. При этом различные группы растений продемонстрировали неодинаковую чувствительность к загрязнению: злаки, бобовые и сложноцветные виды реагировали по-разному, а рудеральные растения оказались более устойчивыми и часто доминировали в загрязненных зонах [118].

V.I. Lushchak, T.M. Matviishyn и др. занимаются изучением высокой стойкости и распространенностью пестицидов в окружающей среде, а также продуктами их биотрансформации, проводят исследования классификации пестицидов, основанной на их использовании, природе происхождения, физическом состоянии, патофизиологических эффектах и источниках поступления. [119].

V. Gashi, B. Kelmendi и др. проводили исследования по определению некоторых хлорорганических загрязнителей в растениях и пробах почвы из Косово. По полученным результатам, в исследуемых пробах были обнаружены концентрации хлорорганических пестицидов и их метаболитов. Две группы были основными: ДДЦ и ГХЦГ. Наличие остатков хлорорганических пестицидов, вероятно, явилось результатом их предыдущего использования в сельскохозяйственных целях. Распределение хлорорганических пестицидов было одинаковым для всех образцов. Самые высокие уровни были для ГХЦГ, эндрина и ДДТ метаболитов. Это объяснялось их географическим положением, уклоном, геологией почвы, типом культур, водой, используемой для орошения и др. [120].

Известно, что сельскохозяйственная почва является одним из основных источников как тяжелых металлов, так и наноматериалов. Исследования S. Chun, Ye. Fang, Zh. Huiling и др. были направлены на изучение возможности наноматериалов влиять на поглощение тяжелых металлов или биоаккумуляцию в растениях. Для проведения опытов использовали растения из семейства Cucurbitaceae (род *Cucumis*, который выращивали в почве, загрязненной тяжелыми металлами, с четырьмя типами наноматериалов ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnS}$  и  $\text{MoS}_2$ ). Результаты показали, что ни один из протестированных наноматериалов не повлиял на биомассу растений, но все наноматериалов показали разную

степень снижения биоаккумуляции тяжелых металлов в корнях, стеблях и листьях растений. [121].

Проделанная работа О. А. Johnson, E. I. Chinedu посвящена изучению содержания тяжелых металлов в растительной продукции. Так как безопасность пищевых продуктов является глобальным приоритетом для улучшения здоровья людей необходимо постоянно принимать меры предосторожности, чтобы сдерживать угрозу загрязнения растительных продуктов тяжелыми металлами [122].

Научное исследование также установило, что не только общее содержание тяжелых металлов, но и их доступные и растворимые формы оказывают значительное влияние на состояние растительности. Дополнительным фактором деградации растительных сообществ является снижение уровня кислотности почвы (pH), что нарушает питательные циклы и обменные процессы в экосистемах.

Интересной находкой стало то, что виды растений, тесно связанные с человеческой деятельностью, такие как представители рода *Brassica* и *Plantago*, чаще всего доминируют в загрязненных участках, что делает их потенциально важными индикаторами экологического состояния почвы. Такие растения способны сигнализировать о степени загрязнения и его источниках.

Помимо этого, в ряде исследований была продемонстрирована эффективность 24-эпибрассинолида (EBL) в смягчении воздействия тяжелых металлов и пестицидов на растения. Этот фитогормон способствует улучшению роста и физиологических процессов растений, усиливает активность антиоксидантных ферментов (SOD, CAT, POX) и осморегуляторов (например, пролина), а также снижает накопление реактивных форм кислорода (ROS). Применение EBL уменьшает липидное перекисное окисление, повышает содержание хлорофилла и улучшает фотосинтетическую активность, что помогает растениям справляться с токсическим воздействием металлов, таких как кадмий, медь и цинк, а также пестицидов, включая фенантрен и пирен [123-126]. Таким образом, EBL может рассматриваться как перспективное средство для защиты растений в условиях антропогенного загрязнения.

Долговременное воздействие пестицидов, особенно хлорорганических соединений, таких как ДДТ и альдрин, приводит к их биоаккумуляции в пищевых цепях, что существенно изменяет структуры экосистем и вызывает генотоксические эффекты у растений и животных [63, 69]. Эти соединения обладают способностью нарушать метаболические процессы растений, снижая эффективность фотосинтеза и ослабляя их устойчивость к стрессовым факторам. Исследования показали, что стойкие органические загрязнители, включая пестициды, также нарушают процессы детоксикации в растениях, что может приводить к снижению их репродуктивной способности и видового разнообразия [93, 127, 128].

Экологические последствия накопления тяжелых металлов и пестицидов в растениях имеют глубокий характер. Загрязнители могут выщелачиваться в почву и водные системы, распространяя загрязнение за пределы первоначального района [129]. Растения, поглощающие эти вещества, также



могут действовать как переносчики, возвращая их в почву через опад и разложение. Этот цикл способствует дальнейшему загрязнению почвы и затрагивает окружающую растительность. Сток с загрязненных участков усиливает загрязнение водных объектов, угрожая водным экосистемам и снижая доступность чистой воды для человеческих и сельскохозяйственных нужд [130]. Риски для здоровья человека также являются серьезной проблемой, так как потребление загрязненных растительных продуктов приводит к поступлению вредных веществ в пищевую цепь, что может вызывать различные заболевания.

Для решения проблемы накопления тяжелых металлов и пестицидов в растениях необходимо применять комплексные стратегии. Особое внимание следует уделить экологическому мониторингу и восстановлению загрязненных территорий.

Наиболее широко используемым методом борьбы является – фиторемедиация, основанная на использовании растений для извлечения и детоксикации загрязнителей из почвы и воды, предлагает устойчивое решение для снижения уровня загрязнения. Выбор растительных видов, которые естественным образом накапливают меньше загрязняющих веществ, или выведение сортов с повышенной устойчивостью к загрязненной среде может помочь уменьшить воздействие загрязнений на сельское хозяйство и экосистемы [131]. Кроме того, применение почвенных добавок, которые связывают загрязнители и уменьшают их биодоступность, может предотвратить дальнейшее поглощение растениями и ограничить распространение загрязнений [132].

Также, следует отметить, что в системе мониторинга состояния природной среды следует оценивать геоэкологические последствия нарастающего антропогенного пресса. Важно контролировать состояние среды обитания, включая ее структуру, качество и возможное сокращение занимаемых территорий. Регулярный мониторинг позволяет проводить анализ текущего состояния, прогнозировать последствия природных и антропогенных факторов, оценивать динамику изменений и принимать своевременные меры для предотвращения или устранения негативных последствий этих воздействий. [133, 134].

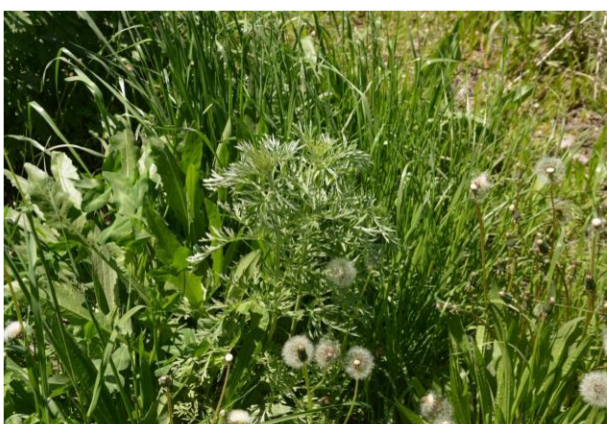
Таким образом, накопление тяжелых металлов и пестицидов в растениях не только влияет на их рост и физиологические процессы, но и нарушает экологическое разнообразие и представляет значительные риски для окружающей среды и здоровья человека. Комплексный подход, сочетающий исследования, мониторинг и практические методы восстановления, необходим для снижения отрицательных последствий и восстановления баланса в затронутых экосистемах.

## 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Объекты исследования

Объектами исследований послужили доминантные и кормовые растения из мониторинговых зон Алматинской области Талгарского (п. Кызылкайрат, п. Бескайнар, п. Бельбулак, п. Амангельды, п. Енбекши), Енбекшиказахского (п. Таукаратурык) и Кербулакского (п. Басши) районов. Пробы отбирались в местах обнаружения устаревших запасов неутилизированных пестицидов и контрольных точках.

В качестве объектов на зараженной пестицидами местности были отобраны следующие доминантные и кормовые растения (рисунок 1).



а) *Artemisia annua* L.



б) *Trifolium pratense* L.



в) *Rumex confertus* Willd.



г) *Bromus inermis* Leyss.

Рисунок 1 – Объекты исследования

### 2.2 Места отбора объектов исследования

Одной из ключевых задач исследования состояния бывших складов химических средств защиты растений является выбор точек мониторинга, которые отражают различные аспекты экологической опасности и влияния на

окружающую среду. Экспедиционные выезды проводились в весенне-летне-осенний периоды с 2018 г. по 2020 г. на места бывших хранилищ пестицидов Талгарского района (п. Кызылкайрат, п. Бескайнар, п. Бельбулак, п. Амангельды, п. Бригада 2 (Енбекши), а также в потенциально чистые точки обследования (контроль) Енбекшиказахский район (п. Таукаратурык) и Кербулакский район (п. Басши) (рисунки 2–4).

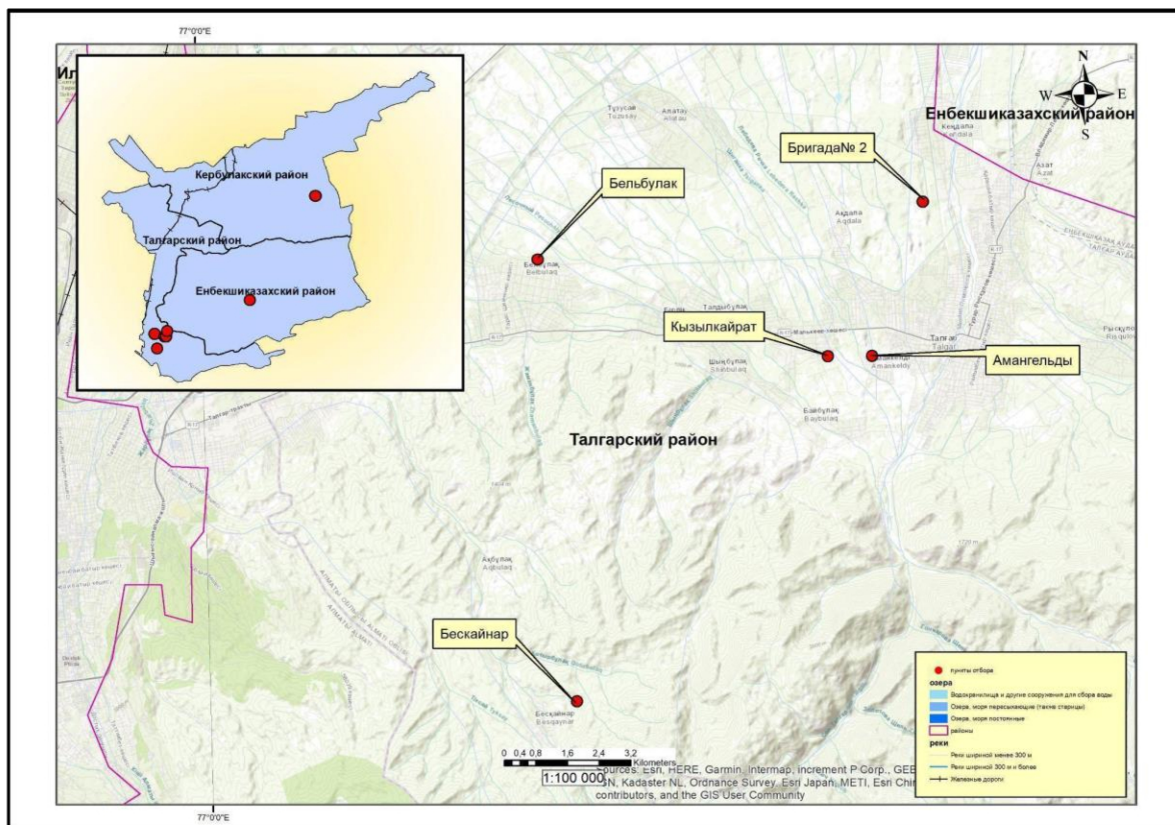


Рисунок 2 – Расположение бывших хранилищ пестицидов Алматинской области

Склад в поселке Бескайнар (рисунок 5) был разрушен, однако остатки загрязнений сохранились в виде кирпичей, пропитанных пестицидами, и возможных захоронений рядом со складом. На месте склада находится вода, покрытая маслянистой пленкой, которая стекает в близлежащие водоемы. Животные, содержащиеся на этой территории, также подвергаются риску. Эта точка важна для мониторинга из-за возможного распространения загрязнения через воду и планы владельца территории превратить ее в зону отдыха, что может привести к экологическим и социальным последствиям.

В поселке Кызылкайрат (рисунок 6) на месте бывшего склада пестицидов теперь построен жилой дом, где проживает семья с детьми. Вокруг активно выращиваются овощи, а близлежащий разрушенный склад до сих пор сохраняет следы пестицидов, что выражается в удушающем запахе. Ситуация усугубляется активным строительством коттеджей рядом со складом и использованием пестицидной тары в хозяйственных целях. Выбор этой точки обоснован значительным риском контакта населения с загрязнением, так как территория

используется в сельском хозяйстве, а строительство увеличивает вероятность дальнейшего распространения загрязнения.

Месторасположение точки в поселке Амангельды (рисунок 7), было рядом с учебно-хозяйственным комплексом Талгарского колледжа. На территории колледжа хранится около 450 кг устаревших пестицидов, включая инсектициды и контейнеры с остатками веществ. Кроме того, были выявлены самозахоронения пестицидов, что подтверждается сильным запахом и наличием маслянистых пятен на полу. Это место представляет особую опасность из-за близости к образовательным учреждениям, где студенты проходят практику. Обоснованность выбора точки связана с высокой концентрацией химических веществ и их потенциальным воздействием на здоровье студентов и персонала.

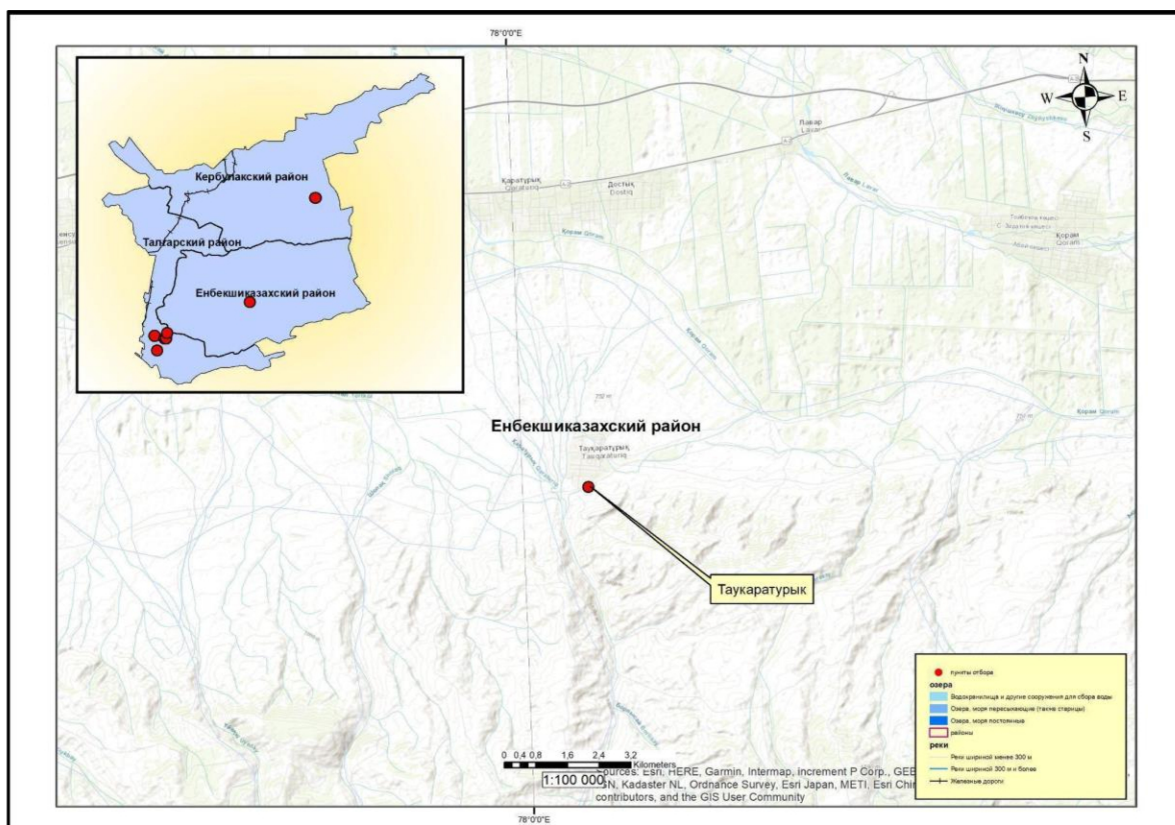


Рисунок 3 – Расположение первично выбранной контрольной точки, Таукаратурык

В Бельбулаке один из складов был полностью разрушен, на его месте построен завод по производству комбикорма. Другой склад используется для складирования мусора. Несмотря на то, что запах пестицидов здесь больше не ощущается, исторически на территории находилось более 500 кг пестицидов, информация о которых утеряна. Выбор данной точки связан с продолжающимся использованием территории для хозяйственных нужд и возможностью остаточного загрязнения, которое может повлиять на новых жильцов и предприятия.

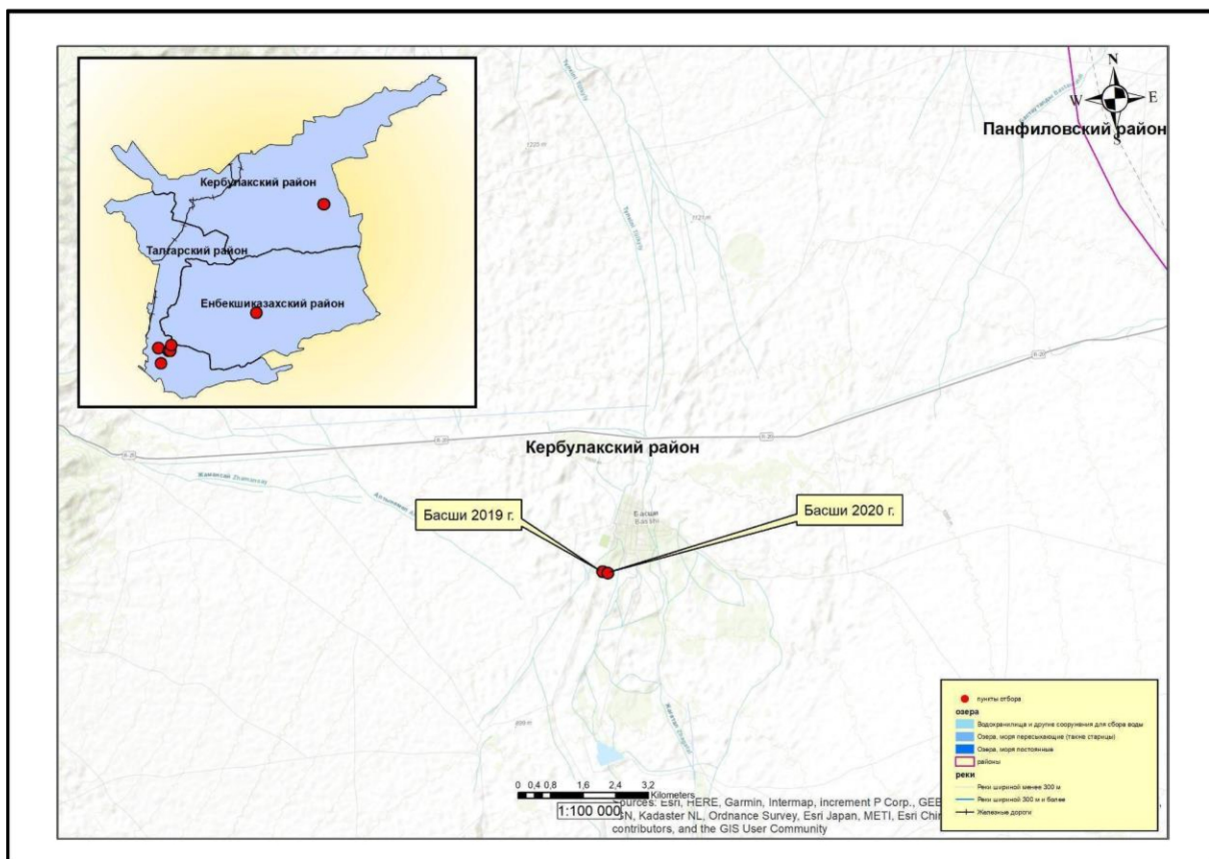


Рисунок 4 – Расположение контрольной точки Басши

Пункт Таукаратурык изначально планировался в качестве контрольной точки, но значительное загрязнение почвы и воды пестицидами и тяжелыми металлами в этом районе привело к его замене на поселок Басши. Басши, расположенный в национальном парке «Алтын-Емель», представляет собой эталонное место, где пестициды официально отсутствуют, что позволяет использовать его для сравнительных исследований.



Рисунок 5 – Остатки разрушенного склада на территории Бескайнара



Рисунок 6 – Разрушенный склад на территории Кызылкайрат



Рисунок 7 – Разрушенный склад на территории Амангельды



Рисунок 8 – Территория точки Бригада 2

Склад (рисунок 8) в поселке Бригада 2 (Енбекши) представляет собой одну из наиболее загрязненных точек, с приблизительно 5 тоннами устаревших пестицидов в различных упаковках. Территория активно используется для сельского хозяйства, что увеличивает риск распространения загрязнения на сельхозпродукцию. Данная точка была выбрана из-за высокой концентрации пестицидов и их непосредственного влияния на близлежащую фермерскую деятельность [74].

## 2.3 Методы исследования

### 2.3.1 Геоботанические и флористические методы исследования

Для проведения исследований использовался полевой (экспедиционный) и маршрутно-рекогносцировочный методы исследований. Полевой (экспедиционный) метод исследований необходим для проведения полевых работ на местности с объектами (точечными и площадными) будущих исследований и связан со сбором первичных исходных данных, предназначенных для дальнейшей обработки в стационарных (камеральных) условиях. Маршрутно-рекогносцировочный метод необходим для определения основных закономерностей распространения видов растений и растительности на исследуемой территории.

Во время движения по маршруту проводилось геоботаническое описание растительности на отдельных, маленьких по площади участках, проводилась гербаризация необходимых растений, занесение их в геоботанические бланки, а также отбор проб доминантных и кормовых растений для дальнейшего проведения анализов.

Для выявления толерантных видов растений, способных к аккумуляции или деградации была изучена видовая насыщенность фитоценозов на территориях. Для решения поставленных задач в каждом регионе было выбрано по три типичных экспериментальных участка площадью 10 м<sup>2</sup>. На каждом участке методом случайных выборок было отобрано по три площадки,

площадью по 1 м<sup>2</sup>. Также для проведения исследований были применены геоботанические и флористические методы с использованием растений биоиндикаторов [13-16].

Для определения собранных материалов были использованы основные научные справочники и сводки: “Флора Казахстана” [17-25], “Иллюстрированный определитель растений Казахстана” [26-27], “Определитель растений Средней Азии” [28-37]. При анализе сорных растений был использован многотомник «Сорные растения СССР» [38-41]. Расположение растений по жизненным формам проведено на основании классификации И.Г. Серебрякова [42-44] и К. Раункиера [41-42]. Распределение видов по полезным группам проведено согласно классификации М.М. Ильина [46, 47]. При определении хозяйственного значения отдельных видов использовались «Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений» [45], а также сборник «Растительные ресурсы» [49-55], «Аннотированный список лекарственных растений Казахстана» [56] и каталог «Дикорастущие полезные растения Казахстана» [57].

Написание латинских названий, номенклатурные изменения таксонов были выверены в соответствии с международным электронным ресурсом Plants of the World Online (POWO) [58]. Виды и рода в семействах расположены по алфавиту. Карты и схемы мониторинговых и контрольных точек созданы с помощью программы ArcGIS 10.8.2 [59].

### 2.3.2 Анализ проб растений на определения остаточных количеств пестицидов и тяжелых металлов в надземной части вегетативных органов доминантных растений

Проведение количественных анализов проб доминантных растений на содержание пестицидов, продуктов их распада (24 пестицида: гексахлорбензол (ГХБ);  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  - изомеры гексахлорциклогексана (гексахлоран, ГХЦГ); гептахлор; альдрин; гептахлорэпоксид; хлордан; эндосульфан 1; эндосульфан 2; дихлордифенилтрихлорметилметан (ДДТ); 4,4'-Дихлордифенилдихлорэтилен (ДДЭ); дихлордифенилдихлорэтилен (ДДД); 2,4'-ДДД; дельдрин; хлорбензилат; эндрин; эндрин альдегид; эндосульфансульфат; дибутилэндан; метоксихлор; гексабромбензол) и тяжелых металлов (8 металлов: цинк (Zn), мышьяк (As), кадмий (Cd), свинец (Pb), медь (Cu), кобальт (Co), никель (Ni), хром (Cr)) осуществлялось в соответствии с нормативно-технической документацией и ГОСТами Республики Казахстан [135, 136]. Оборудование измерительного и испытательного назначения было сертифицированным.

Для определения пестицидов и продуктов их распада использовали метод газовой хроматографии и масс-спектрометрии. Для работы использовали хроматограф «Agilent 6890N» с MSD 5975C (США), анализатор жидкости "Флюорат - 02" и масс-спектрометр (ВЭЖХ АСМЕ 9000 с UV/VIS Detector). Исследования выполнены в соответствии с международными, российскими и казахстанскими стандартами: 1) стандарт ЕС EN 15662:2008: "Продукты пищевые растительного происхождения. Определение остатков пестицидов с

применением GC-MS и/или LC-MS/MS после экстракции/разделения ацетонитрилом и очистки с применением дисперсионной SPE. Метод QuEChERS"; 2) ГОСТ 32689.1-2014 Продукция пищевая растительного происхождения. Мультиметоды для газохроматографического определения остатков пестицидов. Часть 1. Общие положения, Часть 2. Методы экстракции и очистки. Часть 3. Идентификация и обеспечение правильности результатов; Предел обнаружения 0,0001 мг/кг [74].

Измерения содержания тяжелых металлов проводились методом атомно-абсорбционной спектроскопии с использованием атомно-абсорбционного спектрометра «AASIN» [60, 61, 137–139]. Анализ образцов включал сравнение полученных данных с установленными предельно допустимыми концентрациями (ПДК) и результатами контрольных проб, взятых в районах с аналогичными природно-климатическими условиями, но минимальным антропогенным воздействием. В качестве контрольных точек использовались поселки Каратурык (Енбекшиказахский район) и Басши (Кербулакский район) Алматинской области, где отбор проб проводился в 2019 и 2020 годах.

Анализ главных компонент (principal component analysis, PCA) выполнен с помощью программ PAST 4.07 [140], для дополнительного анализа данных и построения графиков также применяли программу Origin PRO-2018 [141].



### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

#### 3.1 Анализ видового состава флоры

Изучение видового состава флоры имеет большое значение как для понимания истории флоры и ландшафтов региона в целом, так и для поиска путей сохранения и использования биоразнообразия в условиях возрастающей антропогенной нагрузки [142]. Уникальность каждой флоры характеризуется такими показателями, как видовое разнообразие, таксономическая структура, состав экоморф и распределение по биоморфам.

В составе флоры исследуемых мониторинговых и контрольных точек было выявлено 177 видов, 130 родов, относящихся к 45 семействам (таблица 1).

Таблица 1 – Видовой состав исследуемых мониторинговых и контрольных точек

<b>I</b>	<b>Amaranthaceae Juss.</b>
1	<i>Amaranthus blitoides</i> S.Watson
2	<i>Amaranthus tricolor</i> L.
3	<i>Atriplex patula</i> L.
4	<i>Atriplex tatarica</i> L.
5	<i>Bassia prostrata</i> (L.) Beck
6	<i>Bassia scoparia</i> (L.) Beck
7	<i>Ceratocarpus arenarius</i> L.
8	<i>Chenopodium album</i> L.
<b>II</b>	<b>Apiaceae Lindl.</b>
9	<i>Carum carvi</i> L.
10	<i>Daucus carota</i> L.
11	<i>Ferula dissecta</i> (Ledeb.) Ledeb.
12	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.
13	<i>Heracleum dissectum</i> Ledeb.
<b>III</b>	<b>Apocynaceae Juss.</b>
14	<i>Apocynum pictum</i> Schrenk
<b>IV</b>	<b>Asphodelaceae Juss.</b>
15	<i>Eremurus altaicus</i> (Pall.) Steven
<b>V</b>	<b>Asteraceae Bercht. &amp; J.Presl</b>

Продолжение таблицы 1

16	<i>Achillea millefolium</i> L.
17	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.
18	<i>Arctium tomentosum</i> Mill.
19	<i>Arctium umbrosum</i> (Bunge) Kuntze
20	<i>Artemisia absinthium</i> L.
21	<i>Artemisia annua</i> L.
22	<i>Artemisia dracuncululus</i> L.
23	<i>Artemisia scoparia</i> Waldst. & Kit.
24	<i>Artemisia terrae-albae</i> Krasch.
25	<i>Artemisia vulgaris</i> L.
26	<i>Carduus nutans</i> L.
27	<i>Centaurea iberica</i> Trevir. ex Spreng.
28	<i>Centaurea virgata</i> subsp. <i>squarrosa</i>
29	<i>Cichorium intybus</i> L.
30	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.
31	<i>Cirsium arvense</i> var. <i>arvense</i>
32	<i>Echinops nanus</i> Bunge
33	<i>Erigeron acris</i> L.
34	<i>Erigeron canadensis</i> L.
35	<i>Jacobaea vulgaris</i> Gaertn.
36	<i>Lactuca tatarica</i> (L.) C.A.Mey.
37	<i>Matricaria chamomilla</i> L.
38	<i>Onopordum acanthium</i> L.
39	<i>Pentanema britannica</i> (L.) D.Gut.Larr., Santos-Vicente, Anderb., E.Rico & M.M.Mart.Ort.
40	<i>Rhaponticum repens</i> (L.) Hidalgo
41	<i>Taraxacum monochlamydeum</i> Hand.-Mazz.
42	<i>Taraxacum</i> sect. <i>Taraxacum</i> F.H.Wigg.
43	<i>Tragopogon ruber</i> S.G.Gmel.

Продолжение таблицы 1

44	<i>Xanthium strumarium</i> L.
<b>VI</b>	<b>Balsaminaceae A.Rich.</b>
45	<i>Impatiens parviflora</i> DC.
<b>VII</b>	<b>Betulaceae Gray</b>
46	<i>Betula pendula</i> Roth
<b>VIII</b>	<b>Boraginaceae Juss.</b>
47	<i>Arnebia coerulea</i> Schipcz.
48	<i>Echium vulgare</i> L.
49	<i>Lappula microcarpa</i> (Ledeb.) Gürke
<b>IX</b>	<b>Brassicaceae Burnett</b>
50	<i>Barbarea vulgaris</i> W.T.Aiton
51	<i>Brassica juncea</i> (L.) Czern.
52	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.
53	<i>Descurainia sophia</i> (L.) Webb ex Prantl
54	<i>Lepidium chalepense</i> L.
55	<i>Lepidium draba</i> L.
56	<i>Lepidium latifolium</i> L.
57	<i>Lepidium ruderale</i> L.
58	<i>Meniocus linifolius</i> (Stephan ex Willd.) DC.
59	<i>Sisymbrium loeselii</i> L.
60	<i>Thlaspi arvense</i> L.
61	<i>Turritis glabra</i> L.
<b>X</b>	<b>Campanulaceae Juss.</b>
62	<i>Campanula glomerata</i> L.
<b>XI</b>	<b>Cannabaceae Martinov</b>
63	<i>Cannabis sativa</i> L.
<b>XII</b>	<b>Caryophyllaceae Juss.</b>
64	<i>Acanthophyllum paniculatum</i> Regel & Herder
65	<i>Acanthophyllum pungens</i> (Bunge) Boiss.

Продолжение таблицы 1

66	<i>Silene schmalhauseni</i> Popov
67	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.
<b>XIII</b>	<b>Convolvulaceae Juss.</b>
68	<i>Convolvulus arvensis</i> L.
69	<i>Convolvulus lineatus</i> L.
70	<i>Convolvulus tragacanthoides</i> Turcz.
<b>XIV</b>	<b>Cucurbitaceae Juss.</b>
71	<i>Bryonia alba</i> L.
<b>XV</b>	<b>Cyperaceae Juss.</b>
72	<i>Carex physodes</i> M.Bieb.
73	<i>Cyperus serotinus</i> Rottb.
<b>XVI</b>	<b>Elaeagnaceae Juss.</b>
74	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.
<b>XVII</b>	<b>Euphorbiaceae Juss.</b>
75	<i>Euphorbia humifusa</i> Willd.
76	<i>Euphorbia virgata</i> Waldst. & Kit.
<b>XVIII</b>	<b>Fabaceae Lindl.</b>
77	<i>Alhagi pseudalhagi</i> (M.Bieb.) Desv. ex Wangerin
78	<i>Caragana laeta</i> Kom.
79	<i>Glycyrrhiza aspera</i> Pall.
80	<i>Lathyrus tuberosus</i> L.
81	<i>Medicago falcata</i> L.
82	<i>Medicago minima</i> (L.) Bartal.
83	<i>Medicago sativa</i> L.
84	<i>Melilotus albus</i> Medik.
85	<i>Sophora alopecuroides</i> L.
86	<i>Trifolium pratense</i> L.
87	<i>Vicia cracca</i> L.
88	<i>Vicia sepium</i> L.

Продолжение таблицы 1

<b>XIX</b>	<b>Geraniaceae Juss.</b>
89	<i>Geranium linearilobum</i> DC.
90	<i>Geranium pusillum</i> L.
91	<i>Geranium rotundifolium</i> L.
92	<i>Geranium sibiricum</i> L.
<b>XX</b>	<b>Grossulariaceae DC.</b>
93	<i>Ribes aciculare</i> Sm.
94	<i>Ribes heterotrichum</i> C.A.Mey.
<b>XXI</b>	<b>Hypericaceae Juss.</b>
95	<i>Hypericum perforatum</i> L.
<b>XXII</b>	<b>Iridaceae Juss.</b>
96	<i>Crocus alatavicus</i> Regel & Semen.
97	<i>Iris kolpakowskiana</i> Regel
98	<i>Iris tenuifolia</i> Pall.
<b>XXIII</b>	<b>Ixioliriaceae Nakai</b>
99	<i>Ixiolirion tataricum</i> (Pall.) Schult. & Schult.f.
<b>XXIV</b>	<b>Juncaceae Juss.</b>
100	<i>Juncus turkestanicus</i> V.I.Krecz. & Gontsch.
<b>XXV</b>	<b>Lamiaceae Martinov</b>
101	<i>Marrubium vulgare</i> L.
102	<i>Melissa officinalis</i> L.
103	<i>Mentha longifolia</i> (L.) L.
<b>XXVI</b>	<b>Liliaceae Juss.</b>
104	<i>Fritillaria karelinii</i> (Fisch. ex D.Don) Baker
105	<i>Gagea kunawurensis</i> (Royle) Greuter
106	<i>Tulipa alberti</i> Regel
107	<i>Tulipa biflora</i> Pall.
108	<i>Tulipa kolpakowskiana</i> Regel
109	<i>Tulipa tetraphylla</i> Regel

Продолжение таблицы 1

<b>XXVII</b>	<b>Malvaceae Juss.</b>
110	<i>Malva pusilla</i> Sm.
111	<i>Malva thuringiaca</i> (L.) Vis.
<b>XXVIII</b>	<b>Nitrariaceae Lindl.</b>
112	<i>Nitraria sibirica</i> Pall.
113	<i>Peganum harmala</i> L.
<b>XXIX</b>	<b>Orobanchaceae Vent.</b>
114	<i>Cistanche salsa</i> (C.A.Mey.) Beck
<b>XXX</b>	<b>Papaveraceae Juss.</b>
115	<i>Chelidonium majus</i> L.
116	<i>Fumaria vaillantii</i> Loisel.
117	<i>Glaucium elegans</i> Fisch. & C.A.Mey.
118	<i>Hypocoum pendulum</i> var. <i>pendulum</i>
119	<i>Roemeria hybrida</i> (L.) DC.
120	<i>Roemeria pavonina</i> (Schrenk) Banfi, Bartolucci, J.-M.Tison & Galasso
<b>XXXI</b>	<b>Plantaginaceae Juss.</b>
121	<i>Plantago lanceolata</i> L.
122	<i>Plantago major</i> L.
<b>XXXII</b>	<b>Plumbaginaceae Juss.</b>
123	<i>Limonium gmelini</i> (Willd.) Kuntze
<b>XXXIII</b>	<b>Poaceae Barnhart</b>
124	<i>Aegilops cylindrica</i> Host
125	<i>Arthraxon hispidus</i> (Thunb.) Makino
126	<i>Avena fatua</i> L.
127	<i>Bromus inermis</i> Leyss.
128	<i>Bromus tectorum</i> L.
129	<i>Campeiostachys schrenkiana</i> (Fisch. & C.A.Mey. ex Schrenk) Drobow
130	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.
131	<i>Dactylis glomerata</i> L.

Продолжение таблицы 1

132	<i>Neotrinia splendens</i> (Trin.) M.Nobis, P.D.Gudkova & A.Nowak
133	<i>Poa bulbosa</i> L.
134	<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Roem. & Schult.
135	<i>Setaria viridis</i> (L.) P.Beauv.
136	<i>Stipa capillata</i> L.
137	<i>Zea mays</i> L.
<b>XXXIV</b>	<b>Polygonaceae Juss.</b>
138	<i>Atraphaxis pyrifolia</i> Bunge
139	<i>Calligonum junceum</i> (Fisch. & C.A.Mey.) Litv.
140	<i>Persicaria amphibia</i> (L.) Delarbre
141	<i>Polygonum aviculare</i> L.
142	<i>Rumex acetosa</i> L.
143	<i>Rumex confertus</i> Willd.
144	<i>Rumex crispus</i> L.
<b>XXXV</b>	<b>Ranunculaceae Juss.</b>
145	<i>Adonis aestivalis</i> L.
146	<i>Clematis alpina</i> (L.) Mill.
147	<i>Pulsatilla campanella</i> (Regel & Tiling) Fisch. ex Krylov
<b>XXXVI</b>	<b>Rosaceae Juss.</b>
148	<i>Alchemilla sibirica</i> Zämelis
149	<i>Argentina anserina</i> (L.) Rydb.
150	<i>Cotoneaster multiflorus</i> Bunge
151	<i>Crataegus songarica</i> K.Koch
152	<i>Malus domestica</i> (Suckow) Borkh.
153	<i>Potentilla conferta</i> Bunge
154	<i>Potentilla recta</i> L.
155	<i>Potentilla supina</i> L.
156	<i>Prunus armeniaca</i> L.
157	<i>Prunus avium</i> (L.) L.

Продолжение таблицы 1

158	<i>Prunus cerasus</i> L.
159	<i>Prunus domestica</i> L.
160	<i>Rosa alberti</i> Regel
161	<i>Rubus caesius</i> L.
162	<i>Sorbus tianschanica</i> Rupr.
163	<i>Spiraea hypericifolia</i> L.
<b>XXXVII</b>	<b>Rubiaceae Juss.</b>
164	<i>Galium spurium</i> L.
<b>XXXVIII</b>	<b>Salicaceae Mirb.</b>
165	<i>Populus alba</i> L.
166	<i>Salix alba</i> L.
<b>XXXIX</b>	<b>Saxifragaceae Juss.</b>
167	<i>Bergenia crassifolia</i> (L.) Fritsch
<b>XXXX</b>	<b>Scrophulariaceae Juss.</b>
168	<i>Verbascum blattaria</i> L.
169	<i>Verbascum phoeniceum</i> L.
170	<i>Verbascum songaricum</i> Schrenk ex Fisch. & C.A.Mey.
<b>XXXXI</b>	<b>Solanaceae Juss.</b>
171	<i>Solanum dulcamara</i> L.
172	<i>Solanum nigrum</i> L.
<b>XXXXII</b>	<b>Tamaricaceae Link</b>
173	<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.
<b>XXXXIII</b>	<b>Ulmaceae Mirb.</b>
174	<i>Ulmus laevis</i> Pall.
175	<i>Ulmus pumila</i> L.
<b>XXXXIV</b>	<b>Urticaceae Juss.</b>
176	<i>Urtica dioica</i> L.
<b>XXXXV</b>	<b>Zygophyllaceae R.Br.</b>
177	<i>Zygophyllum kegensense</i> Boriss.



В флористических исследованиях традиционно выделяют 10 крупнейших семейств растений, ранжированных по убыванию числа видов, что известно как семейственный спектр флоры [143, 144]. Первая десятка семейств содержит в своем составе 112 вид, что составляет 63,3% от общего числа видов. Остальные семейства характеризуются незначительным видовым и родовым разнообразием. На рисунке 9 показан спектр наиболее крупных 10 семейств флоры [148].

Asteraceae (16.38%) — крупнейшее семейство в спектре флоры, включающее 29 видов. Это семейство играет ключевую роль в экосистемах региона. Rosaceae (9.04%) и Poaceae (7.91%) занимают второе и третье места соответственно, что отражает их адаптацию к различным экологическим условиям.

Семейства Brassicaceae и Fabaceae (по 6.78%) занимают равные позиции, их виды широко распространены в степных и полупустынных зонах. Семейства с меньшей представленностью, такие как Apiaceae (2.82%) и Boraginaceae (1.69%), свидетельствуют о сниженной численности видов в данном регионе, возможно, из-за ограниченности подходящих условий для их роста.

Доля первых пяти семейств составляет значительную часть флоры (более 46%), что подчеркивает их экологическое доминирование.

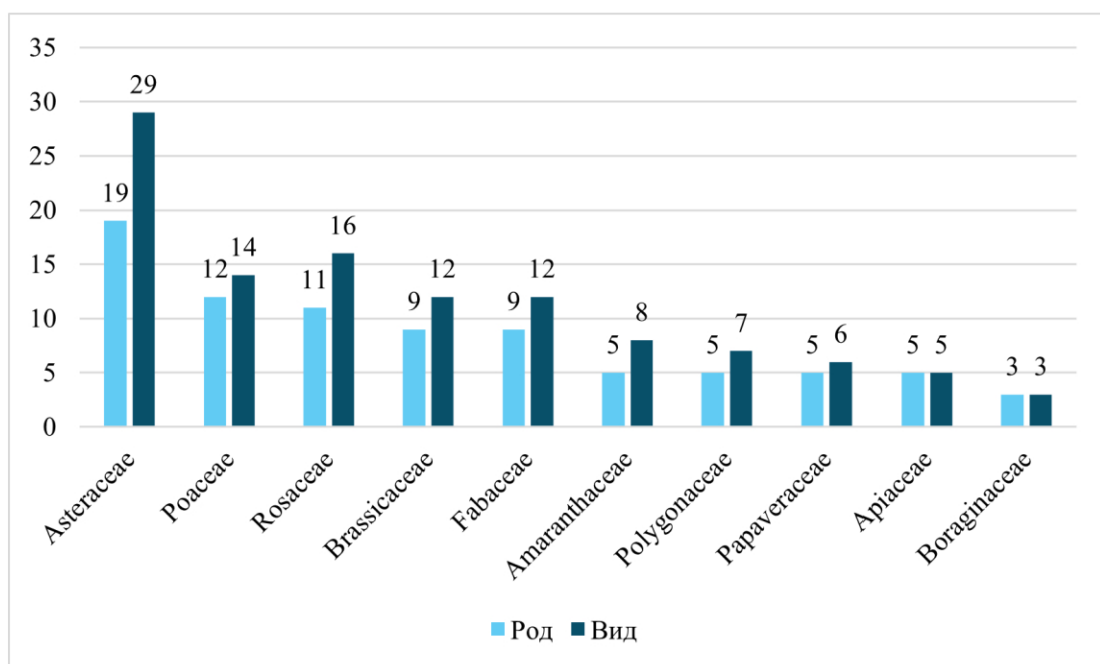
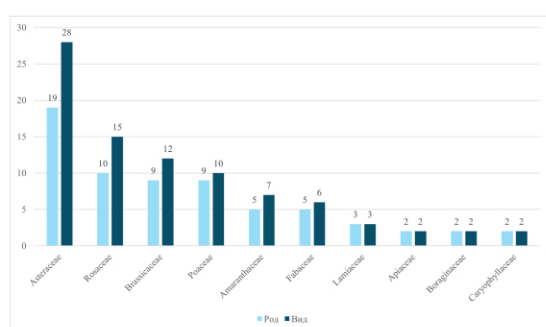


Рисунок 9 – Число видов в 10 ведущих семействах флоры 8 точек

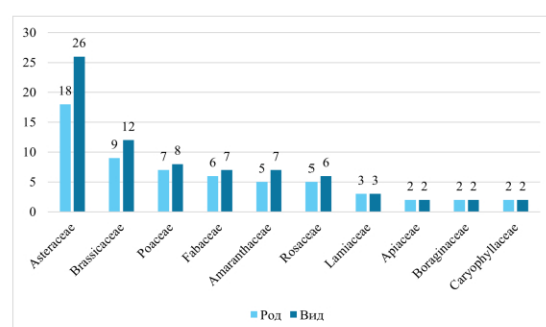
На обследуемой территории, отмеченной как Точка №1 — Бескайнар, зарегистрировано 117 видов, принадлежащих к 87 родам и 28 семействам (Приложение А, таблица А.1). Среди них доминируют семейства сложноцветных (Asteraceae) — 28 видов (23,93%, 19 родов), розоцветных (Rosaceae) — 15 видов (12,82%, 10 родов), крестоцветных (Brassicaceae) — 12 видов (10,26%, 9 родов), относящихся к двудольным растениям, а также мятликовых (Poaceae) — 10

видов (8,5%, 9 родов), представляющих однодольные растения (рис. 10 (а)). Доля доминирующих семейств составляет 87 видов, что эквивалентно 74,3% от общего видового состава флоры данной территории. К числу преобладающих родов относятся *Artemisia*, *Lepidium*, *Rumex* и *Geranium*. Эндемичные виды отсутствуют [145].

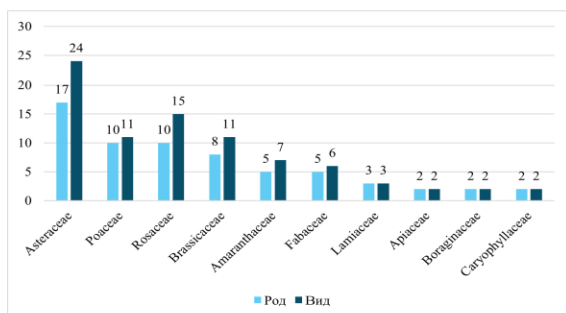
На территории Точки №2 — Кызылкайрат выявлено 105 вида, относящихся к 78 родам и 26 семействам (Приложение А, таблица А.1). Лидируют семейства Asteraceae (26 видов или 25,2%, 18 родов), Brassicaceae (12 видов или 11,7%, 9 родов), бобовые (Fabaceae) — 7 видов (6,8%, 6 родов) среди двудольных, и Poaceae — 8 видов (7,8%, 7 родов) среди однодольных (рис. 10 (б)). Доминирующие семейства включают 75 видов, составляющих 72,8% от общего числа выявленных растений.



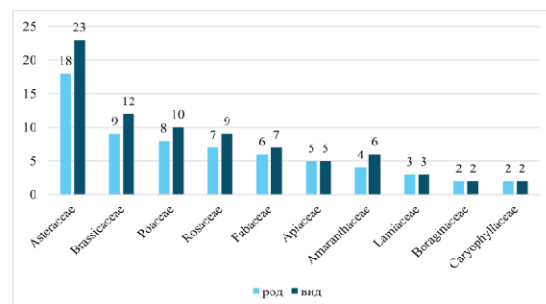
а) п. Бескайнар



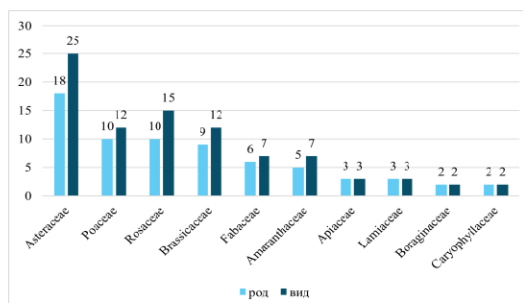
б) п. Кызылкайрат



в) п. Амангельды



г) п. Бельбулак



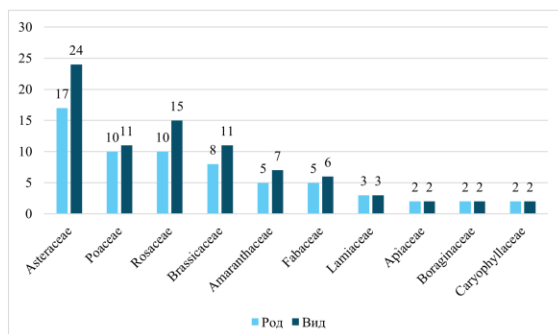
д) п. Бригада 2

Рисунок 10 – Число видов в 10 ведущих семействах флоры мониторинговых точек Алматинской области

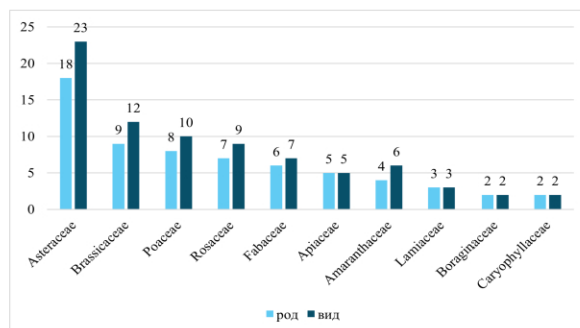
На территории Точки №3 — Амангельды впервые зарегистрировано 110 видов из 84 родов и 27 семейств (Приложение А, таблица А.1). Наиболее представлены семейства Asteraceae — 24 вида (21,8%, 17 родов), Rosaceae — 15 видов (13,6%, 10 родов), Brassicaceae — 11 видов (10%, 8 родов) среди двудольных, и Poaceae — 11 видов (10%, 10 родов) среди однодольных (рис. 10 (в)). Доминирующие семейства составляют 83 вида, что составляет 75,4% от общего флористического разнообразия данной местности. Основные роды включают *Artemisia*, *Lepidium*, *Potentilla* и *Prunus*. Эндемичные виды отсутствуют [142].

На территории Точки №4 — Бельбулак зафиксировано 103 вида из 82 родов и 26 семейств (Приложение А, таблица А.1). Среди двудольных доминируют семейства Asteraceae — 23 вида (22,3%, 18 родов), Brassicaceae — 12 видов (11,7%, 9 родов) и Rosaceae — 9 видов (8,7%, 7 родов), среди однодольных — Poaceae — 10 видов (9,7%, 8 родов) (рис. 10 (г)). Доминирующие семейства включают 79 видов, что составляет 76,6% от общей численности видов.

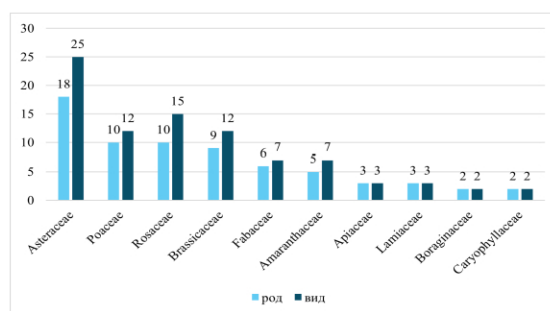
На территории Точки №5 — Бригада 2 зарегистрировано 119 видов из 89 родов и 28 семейств (Приложение А, таблица А.1). Преобладают семейства Asteraceae (25 видов или 21%, 18 родов), Rosaceae (15 видов или 12,6%, 10 родов), Brassicaceae (12 видов или 10,1%, 9 родов) среди двудольных, а также Poaceae (12 видов или 10,1%, 10 родов) среди однодольных растений (рис. 10 (д)). Виды из ведущих семейств составляют 88 единиц, что эквивалентно 73,9% от всего видового состава [133, 146].



а) п. Таукаратурык



б) п. Басши (2019)



в) п. Басши (2020)

Рисунок 11 – Число видов в 10 ведущих семействах флоры контрольных точек Алматинской области

В контрольной точке п. Таукаратурык выявлено 19 видов, относящихся к 16 родам и 9 семействам (Приложение А, таблица А.1). Лидируют семейства Asteraceae — 5 видов (26,3%, 3 рода), Polygonaceae — 3 вида (15,8%, 3 рода), Rosaceae — 3 вида (15,6%, 2 рода) среди двудольных и Poaceae — 2 вида (10,5%, 2 рода) среди однодольных (рис. 11 (а)). На долю основных семейств приходится 11 видов (57,8%). Главные роды — *Artemisia* и *Potentilla*.

На контрольной точке п. Басши за 2019 год зарегистрировано 71 вид из 59 родов и 31 семейства (Приложение А, таблица А.1). Доминируют Asteraceae — 11 видов (15,7%, 8 родов), Fabaceae — 6 видов (8,6%, 6 родов), Parvaceae — 4 вида (5,7%, 3 рода) из двудольных, а также Poaceae и Liliaceae, включающие по 6 видов (8,6%) с разным количеством родов: 6 и 4 соответственно (рис. 11 (б)). На долю доминирующих семейств приходится 44 вида (62,8%). Выявлены эндемики: *Aposynum pictum* Schrenk., *Tulipa alberti* Regel, *Tulipa tetraphylla* Regel, а также редкие виды: *Tulipa kolpakowskiana* Regel и *Iris kolpakowskiana* Regel.

*Tulipa kolpakowskiana* Regel (Семейство Liliaceae)

Статус. III категория. Редкий вид, с сильно сокращающейся численностью.

Морфология. Многолетнее луковичное растение. Стебель тонкий, до 30 м выс., с яйцевидной луковицей до 3-5 см диам., с черно-бурыми изнутри прижато волосистыми покровными чешуями. Листьев 3, зеленовато-сизые, узкие, длинные, вверх торчащие. Цветок желтый, 3-5 см дл. Коробочка овальная, 2-4 см дл. и 1,5 шир. Ксеромезофильный эфемероид. Вегетирует с конца марта по июль. Цветет с середины апреля. Продолжительность цветения 15-20 дней. Семена созревают в конце июня.

Экология и биология. Каменисто-щебнистые склоны, трещины скал, осыпи, лессовые и супесчаные равнины, лессовые, глинистые, щебнистые склоны предгорий.

Меры охраны. Ограничить сбор цветков и луковиц местным населением, шире вводить в культуру [147, 689-690].

*Iris kolpakowskiana* Regel. (Семейство Iridaceae)

Статус. III категория. Вид с сокращающейся численностью и ареалом.

Морфология. Многолетник, 10-20 см выс., с широко-яйцевидной луковицей, одетой светло-бурыми, сетчатыми чешуями. Листья 3-4 (5), узколинейные. Цветонос короткий, одиночный. Цветок крупный, светло- или темно-фиолетово-пурпуровый. Наружные доли околоцветника при основании с молочно-белым пятном и ярко-желтой полоской посередине; внутренние - бледно-лиловые. Трубка околоцветника до 5-7 см дл. Плод - цилиндрическая коробочка. Семена округло-яйцевидные. Коротковегетирующий эфемероид. Цветет в марте-мае, плодоносит в мае-июне. Размножается семенами и вегетативно.

Экология и биология. Полынно-эфемеровые полупустыни, типчаково-ковыльные степи, заросли кустарников; пушистопырейные полусаванны, поляны среди изреженных арчовников, мелкоземистые и каменистые склоны

(700-2200 м), выровненные площадки и склоны различных экспозиций, в основном северных и северозападных.

Меры охраны. Объявить повсеместный запрет сбора цветов. Необходимо выяснить состояние вида в разных частях ареала, установить контроль за динамикой популяции, шире вводить в культуру [147, 652-653].

*Tulipa tetraphylla* Regel (Семейство *Liliaceae*)

Статус. II категория. Редкий вид.

Морфология. Луковичный многолетник, 10-35 см выс. Луковица яйцевидная, с черными кожистыми чешуями. Стебель голый, в верхней части укороченный. Листья сизые, по краю слабо волнистые, нижний лист широколанцетный, верхние - линейно-ланцетные. Цветок одиночный, широко-раскрытый. Листочки околоцветника желтые, с ярко-красным пятном посередине. Плод - крупная коробочка. Цветет в апреле-мае, плодоносит в мае-июне. Размножение семенное и вегетативное.

Экология и биология. Каменисто-щебнистые, чаще южные, склоны низкогорий, реже – у скал, на северных склонах.

Меры охраны. Шире вводить в культуру [147, 692-693].

*Tulipa alberti* Regel (Семейство *Liliaceae*)

Статус. II категория. Редкий вид.

Морфология. Многолетнее луковичное растение, до 20 см выс. Луковица яйцевидная, с черно-бурыми, волосистыми с внутренней стороны, оболочками. Листья сизые, короткоопушенные, по краям волнистые. Цветок одиночный, желтый, розовый или бордово-красный, при основании желтый, с черным пятном изнутри. Плод – плотная коробочка, до 5 см дл. Цветет в апреле-мае, плодоносит в мае-июне. Размножение семенное.

Экология и биология. Щебнистые и мелкоземистые склоны, осыпи и низкогорья.

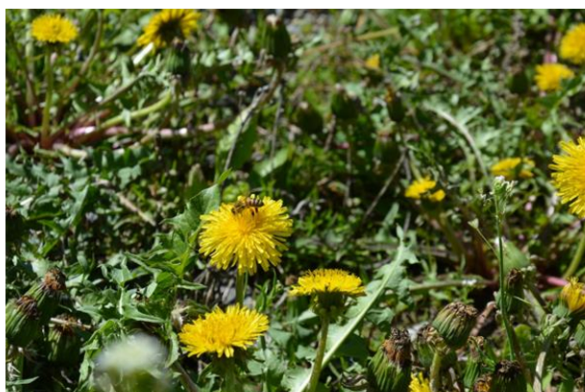
Меры охраны. Полный запрет сбора цветов и луковиц вблизи крупных населенных пунктов [147, 674-675].

За 2020 год на контрольной точке п. Басши зафиксировано 76 видов, относящихся к 58 родам и 22 семействам. Среди двудольных выделяются *Asteraceae* (14 видов или 18,4%, 10 родов), *Rosaceae* (12 видов или 15,8%, 7 родов), *Brassicaceae* (8 видов или 10,5%, 6 родов), а среди однодольных — *Poaceae* (7 видов или 9,2%, 6 родов) (рис. 11 В). Основные семейства объединяют 59 видов (77,6% от общего числа).

Приводя короткий анализ, можно отметить, наибольшее разнообразие флоры отмечено на точке №5 — Бригада 2, где зафиксировано 119 видов, 89 родов и 28 семейств, что свидетельствует о высокой экосистемной устойчивости и сложности растительного покрова. В то же время минимальные показатели зарегистрированы на контрольной точке п. Таукаратурык с 19 видами, 16 родами и 9 семействами, что указывает на упрощённую структуру растительных сообществ. Остальные точки демонстрируют средний уровень разнообразия, варьируя от 70 до 117 видов, что отражает стабильное состояние флоры [148, 149].

Во всех исследованных точках семейства Asteraceae и Brassicaceae являются доминирующими, занимая ключевые позиции среди двудольных растений, а Poaceae — среди однодольных. Их высокая доля (до 77,6% от общего видового состава) подчёркивает значимость этих групп в формировании растительных сообществ. Особенностью контрольной точки п. Басши является выявление эндемичных и редких видов, что делает её важным объектом для сохранения биоразнообразия региона.

Точка №1 – Бескайнар расположена в зоне разрушенного склада, где преобладают одуванчико-разнотравное и полынно-разнотравное растительные сообщества. Проективное покрытие составляет 85% и 80% соответственно. Наблюдается смена травостоя: кормовые растения, такие как *Bromus inermis*, *Artemisia annua*, замещаются сорными (*Xanthium strumarium*) видами. Среди представителей семейства Rosaceae встречаются *Prunus armeniaca*, *Prunus domestica*, *Rubus caesius*, что свидетельствует о значительном видовом разнообразии [145]. Однако вокруг поселков растительный покров деградировал, и большая часть представлена сорными видами, что указывает на локальные изменения фитоценозов (рисунок 12 а).



а) Бескайнар  
одуванчико-разнотравное сообщество



б) Кызылкайрат  
злаково-разнотравное сообщество



в) Бельбулак  
щавелево-разнотравное сообщество



г) Бригада 2  
клеверо-разнотравное сообщество

Рисунок 12 – Растительные сообщества мониторинговых точек

Точка №2 – Кызылкайрат представлена злаково-разнотравным сообществом (рисунок 12 б), а также одуванчико- и полынно-разнотравными формациями с проективным покрытием 85–90%. Основными кормовыми растениями являются *Trifolium pratense*, *Bromus inermis*, *Rumex confertus*, которые обеспечивают высокую кормовую ценность территории. Растительный покров здесь менее деградирован, и локальные нарушения в основном связаны с сорными видами, такими как *Cannabis sativa* и *Bassia scoparia*. Преобладание злаков подтверждает стабилизацию фитоценозов.

Точка №3 — Амангельды характеризуется одуванчико-разнотравным сообществом с проективным покрытием 70–80%. Отмечается высокая доля кормовых растений, включая *Poa bulbosa*, *Rumex confertus* и *Stipa capillata*. Однако сорные виды, такие как *Rumex crispus* и *Capsella bursa-pastoris*, составляют значительную долю флоры. Деградация покрова связана с антропогенным воздействием и замещением ценных кормовых растений сорными и ядовитыми [142].

Точка №4 – Бельбулак выделяется щавелево-разнотравным сообществом с проективным покрытием 75% (рисунок 12 в). Зарегистрировано 28 кормовых видов, включая *Medicago sativa* и *Polygonum aviculare*. Однако значительное присутствие сорных растений (*Lepidium rudemale*, *Bassia scoparia*) указывает на деградацию растительного покрова, что составляет 66,7% от общей флоры. Это отражает необходимость мониторинга и восстановительных мер.

Точка №5 – Бригада 2 характеризуется клеверо-разнотравным сообществом с проективным покрытием 80% (рисунок 12 г). Высокая кормовая ценность обеспечивается видами, такими как *Bromus inermis*, *Trifolium pratense*, *Rumex confertus*. Однако вокруг поселков растительный покров деградировал, доминируют сорные растения, такие как *Xanthium strumarium* и *Cannabis sativa*. Влияние антропогенных факторов остаётся локальным, но требует внимания [133, 148].

Контрольная точка — Таукаратурык отличается низким биоразнообразием. Здесь встречаются только 10 кормовых видов, включая *Achillea millefolium*, *Artemisia scoparia*, *Bromus inermis*. Преобладает полынно-разнотравное сообщество. Эндемичных видов не выявлено. Скудность растительности обусловлена сильной деградацией покрова.

Контрольная точка — Басши (2019 год) представлена злаково-разнотравным и полынно-разнотравным сообществами с проективным покрытием 80% и 60% соответственно. Кормовые растения, такие как *Neotrinia splendens*, *Rumex confertus*, замещаются сорными (*Peganum harmala*, *Capsella bursa-pastoris*). Точка Басши за 2020 год также включает злаково-разнотравное и полынно-разнотравное сообщества. Проективное покрытие составляет 60–70%. Количество сорных видов возросло, включая *Thlaspi arvense* и *Convolvulus lineatus*. Кормовые растения, такие как *Bromus inermis* и *Trifolium pratense*, сохраняют частичное присутствие, что даёт основание для дальнейшего восстановления.

Мониторинговые точки (Бескайнар, Кызылкайрат, Амангельды, Бельбулак, Бригада 2) демонстрируют большее видовое разнообразие и проективное покрытие растительности по сравнению с контрольными точками (Таукаратурык, Басши). В мониторинговых точках преобладают разнотравные и злаково-разнотравные сообщества с высоким содержанием кормовых растений, что обеспечивает их экологическую и хозяйственную ценность. Контрольные точки отличаются высокой долей сорных растений, сниженным биоразнообразием и низкой кормовой ценностью, что указывает на деградацию покрова.

Мониторинг флоры в исследуемых точках выявил значительное разнообразие растительных сообществ с преобладанием кормовых видов в мониторинговых зонах. Однако антропогенное воздействие привело к деградации растительного покрова, особенно вблизи поселков. Контрольные точки показывают наибольшие признаки нарушения фитоценозов, что требует срочных мер по восстановлению. Основное внимание следует уделить увеличению доли кормовых растений, контролю за распространением сорных видов и снижению антропогенной нагрузки.

### **3.2 Экологический анализ**

На рост и развитие растений влияет сложный комплекс одновременно действующих на них экологических факторов, включающих: биотические, абиотические и антропогенные. Все факторы одинаково необходимы и выполняют определенные функции в жизни растений.

Экологические группы растений представляют собой распределение видов растений по их способности адаптироваться к различным условиям окружающей среды. Эта классификация помогает исследователям лучше понимать особенности экосистем и их устойчивость к изменяющимся климатическим и антропогенным факторам.

К основным экологическим группам относятся:

Ксерофиты — это растения, обитающие в условиях засушливой среды, способные выдерживать значительный дефицит влаги как в почве, так и в атмосфере. К этой группе относятся виды, характерные для горных регионов и сухих степей. Для них характерен широкий спектр адаптаций к недостатку влаги, включая хорошо развитую корневую систему, эффективную водопроводящую систему (с плотной сетью жилок в листьях), сильно редуцированные листовые пластины и мощные покровные ткани. Последние представлены толстостенным многослойным эпидермисом с выростами и волосками, образующими плотное "войлочное" покрытие.

Мезофиты — растения, произрастающие в условиях умеренной влажности. Они занимают промежуточное положение между влаголюбивыми и засухоустойчивыми растениями и часто встречаются в лесах, лугах и долинах рек.

Гигрофиты — растения, предпочитающие повышенную влажность среды. Эти виды обычно обитают на болотах, в поймах рек и на влажных лугах



[144]. Помимо основных групп, также встречаются и промежуточные группы: ксеромезофиты, гигромезофиты, мезогигрофиты.

Согласно проведенным (таблица 2) исследованиям в мониторинговых и контрольных точках Алматинской области были выявлены основные группы растений, различающиеся по отношению к влаге [148].

Анализ был направлен на выявление количественных и качественных характеристик растительных сообществ в условиях исторического воздействия пестицидов и изменённого гидрологического режима.

В Алматинской области наблюдается разнообразие флоры, обусловленное как природными климатическими особенностями, так и антропогенным влиянием, включая сельскохозяйственную деятельность.

Таблица 2 – Распределение выявленных растений мониторинговых и контрольных точек по экологическим группам

№	Распределение видов	Количество видов	% соотношение от общего количества
1	Ксерофит	25	14,1
2	Ксеромезофит	53	29,9
3	Мезофит	77	43,5
4	Мезоксерофит	5	2,8
5	Гигрофит	4	2,3
6	Гигромезофит	4	2,3
7	Мезогигрофит	9	5,1
	<b>Всего</b>	<b>177</b>	<b>100</b>

Мезофиты (77 вида): самая многочисленная группа растений, предпочитающая условия умеренной влажности. Примеры: *Amaranthus tricolor*, *Arctium tomentosum*. Они занимают центральное место в экосистемах с благоприятным водным режимом, таких как поймы рек и луговые зоны.

Ксерофиты (25 вида): эти растения адаптированы к засушливым условиям, демонстрируя высокую устойчивость к дефициту воды. Примеры включают *Acanthophyllum paniculatum* и *Stipa capillata*. Ксерофиты широко распространены в степных и полупустынных регионах, что позволяет им выживать в условиях минимального осадка.

Ксеромезофиты (53 вида): представляют собой переходную группу, способную выживать как в условиях умеренной засухи, так и при среднем уровне влажности. Примеры: *Achillea millefolium*, *Adonis aestivalis*. Эти растения часто встречаются на окраинах степей и лугах, что позволяет им эффективно использовать периодические дожди.

Гигрофиты и гигромезофиты (вместе 8 видов): это растения влажных мест обитания, например, *Cyperus serotinus* и *Juncus turkestanicus*. Их ареал ограничен местами с высоким уровнем грунтовых вод, такими как болота и влажные низины.

Мезогигрофиты (9 видов): это растения, находящиеся между мезофитами и гигрофитами, такие как *Argentina anserina* и *Impatiens parviflora*. Они встречаются в условиях временного переувлажнения [150].

Редкие типы: включают гало-мезофиты и гало-ксерофиты. Например, *Bassia prostrata* демонстрирует адаптацию как к засушливым, так и к засоленным условиям.

Проведённый анализ показал, что доминирующими типами растений в регионе являются мезофиты и ксеромезофиты, что указывает на преобладание умеренных условий увлажнения. Уникальное сочетание влаголюбивости растений подчёркивает экологическую пластичность флоры Алматинской области. Эти результаты являются основой для разработки мероприятий по восстановлению и поддержанию биоразнообразия, а также для управления территориями с учётом исторических и современных экологических факторов [146].

Также были изучены жизненные формы на мониторинговых и контрольных точках Алматинской области. Под жизненной формой понимается совокупность взрослых особей определенного вида, обитающих в конкретных условиях среды, и обладающих характерным внешним обликом (габитусом), включающим особенности надземных и подземных органов, таких как подземные побеги и корневая система.

Общая структура изученных растений всех девяти точек демонстрирует высокий процент многолетних трав (48%) и однолетних/двулетних растений (35%). Эти формы преобладают благодаря своей адаптивности к условиям среды, включая воздействие пестицидов [134]. Однако другие жизненные формы, такие как кустарники, полукустарнички и деревья, представлены в гораздо меньшем количестве, что указывает на необходимость дополнительной защиты этих групп. Суммарные данные представлены на круговой диаграмме, иллюстрирующей значимость каждой формы (рисунок 13).

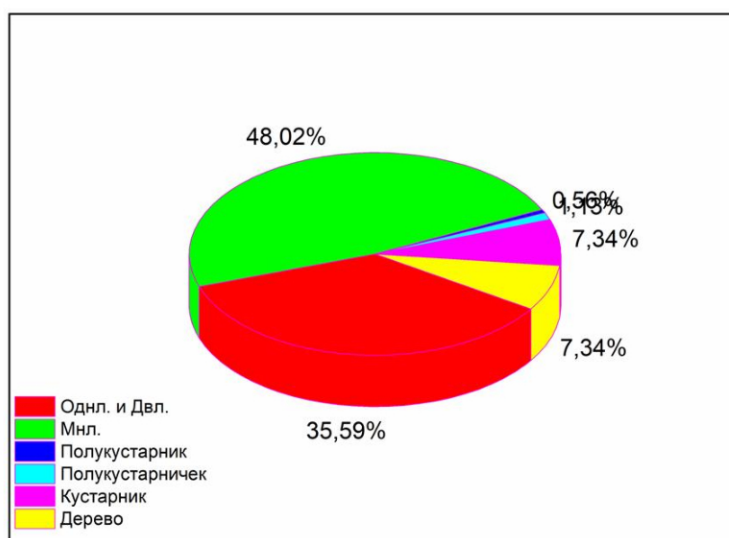
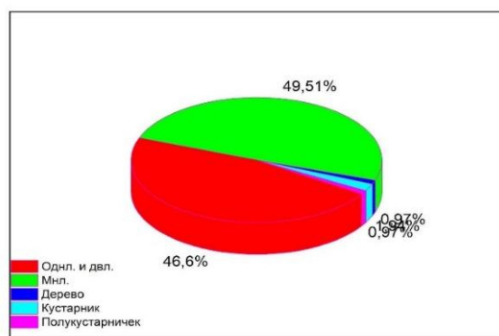
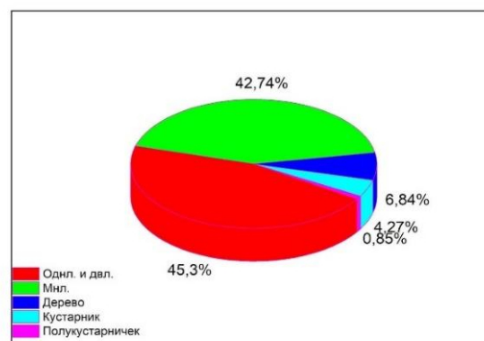


Рисунок 13 – Общее распределение жизненных форм растений в исследуемых точках (в % соотношении)

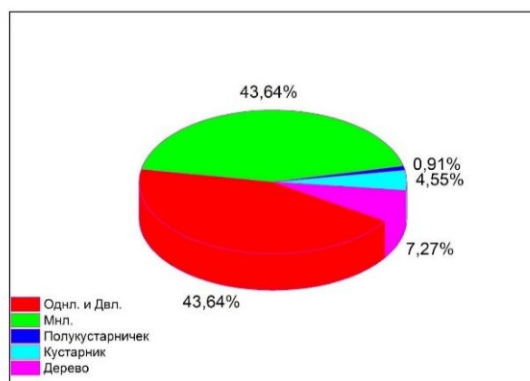
Наибольшее биоразнообразие было зафиксировано в мониторинговой точке Бескайнар, где зарегистрировано 117 видов растений (Рисунок 14 б). Здесь наблюдается равномерное распределение между однолетними/двулетними растениями и многолетними травами, что свидетельствует о стабильности экосистемы. Напротив, точка Таукаратурык демонстрирует минимальное количество растений (19 видов, Рисунок 14 е) и крайне низкое разнообразие жизненных форм. Такое различие между точками подчеркивает влияние антропогенных факторов и необходимость восстановления деградированных экосистем.



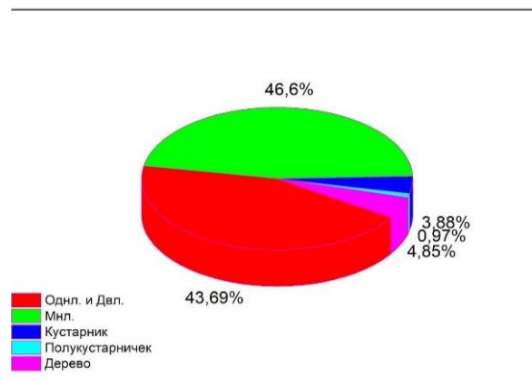
а) Кызылкайрат



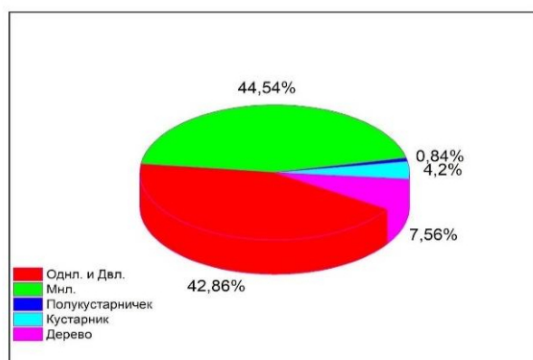
б) Бескайнар



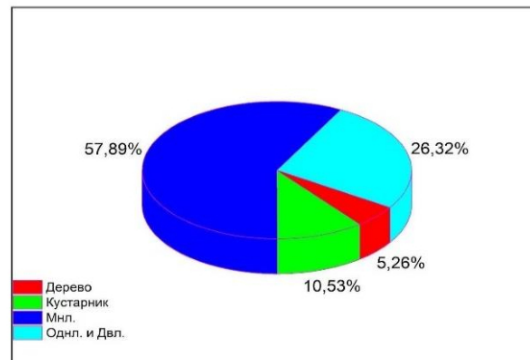
в) Амангельды



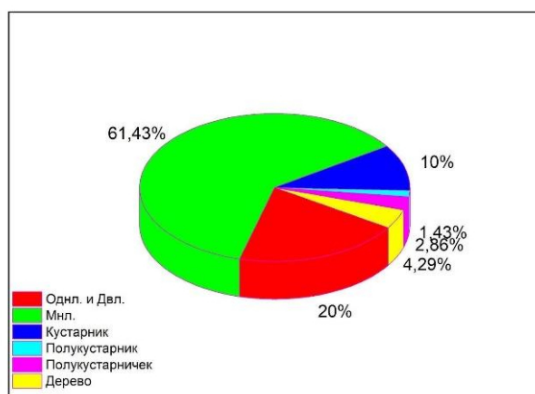
г) Бельбулак



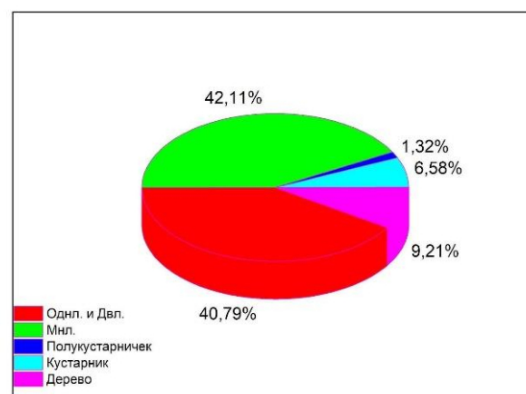
д) Бригада 2



е) Таукаратурык



ж) Басши 2019 год



и) Басши 2020 год

Рисунок 14 – Распределение жизненных форм растений по мониторинговым и контрольным точкам обследования Алматинской области

В точке Кызылкайрат (рисунок 14 а) доминируют многолетние травы, составляющие почти половину всех зарегистрированных растений. Этот факт подчеркивает их устойчивость к стрессовым условиям. Аналогичная ситуация наблюдается в Амангельды (рисунок 14 в), где однолетние/двулетние растения и многолетние травы представлены в равной степени. Такое соотношение указывает на сбалансированное сообщество, способное противостоять внешним воздействиям.

Динамика биоразнообразия в точке Басши за 2019 и 2020 годы показывает снижение числа растений и увеличение доли многолетних трав (рисунки 14 ж и 14 и). В 2019 году зарегистрировано 70 видов, где 61% составляют многолетние травы. В 2020 году общее количество снизилось до 76, а доля многолетних трав составила 42%. Это может свидетельствовать о постепенной деградации экосистемы или её адаптации к изменённым условиям.

Точка Бригада 2 (рисунок 14 д) демонстрирует наибольшую устойчивость, благодаря высокому числу как многолетних трав, так и однолетних/двулетних растений. Многолетние травы составляют 44,5%, однолетние и двулетние — 42,8%. Подобное равновесие свидетельствует о способности экосистемы поддерживать разнообразие в стрессовых условиях.

В мониторинговой точке Бельбулак (рисунок 14 г) зарегистрировано 103 вида, где соотношение однолетних и многолетних трав почти равное (43,6% и 46,6% соответственно). Такое распределение указывает на стабильность экосистемы, несмотря на возможное воздействие пестицидов.

Анализ контрольной точки Таукаратурык выявил наименьшее биоразнообразие и преобладание многолетних трав (57%). Указанное свидетельствует о деградации сообщества и необходимости восстановления растительности в данной зоне.

В целом, результаты показывают значительное преобладание многолетних трав во всех точках, за исключением некоторых зон с равномерным

распределением. Это подчеркивает их ключевую роль в поддержании экосистемной устойчивости.

Исследование жизненных форм растений, основанное на классификации А.Г. Серебрякова позволило продемонстрировать количественное распределение видов растений по группам [42-44]. Данный анализ был проведен на выборке растений, представленных в мониторинговых и контрольных точках Алматинской области, где были зафиксированы исторические воздействия пестицидов (таблица 3).

Таблица 3 – Распределение выявленных видов растений мониторинговых и контрольных точек Алматинской области И.Г. Серебрякову

№	Жизненная форма	Количество видов	% от общего числа видов
I.	Деревья (деревцо)	13	7,34
II.	Кустарники	13	7,34
III.	Кустарнички	1	0,56
IV.	Полукустарники и полукустарнички	1	0,56
V.	Травянистые поликарпики	96	54,24
VI.	Сапрофитные и паразитные травянистые многолетники	3	1,69
VII.	Монокарпические травы	50	28,27
	<b>Всего:</b>	<b>177</b>	<b>100</b>

Анализ жизненных форм по И.Г. Серебрякову показал, что основу выявленных видов, на территории исследования всех мониторинговых и контрольных точек, составляют травянистые поликарпики 96 видов, что составляет 54,24% от общего количества, монокарпики представлены 50 видами или 28,27%, кустарники и деревья представлены 13 видами, что составляет 7,34% каждая, на долю сапрофитные и паразитные травянистые многолетники включают 3 вида или 1,69 %, наименьшее количество видов представлено кустарничками, полукустарниками и полукустарничками – по 1 виду или 0,56%.

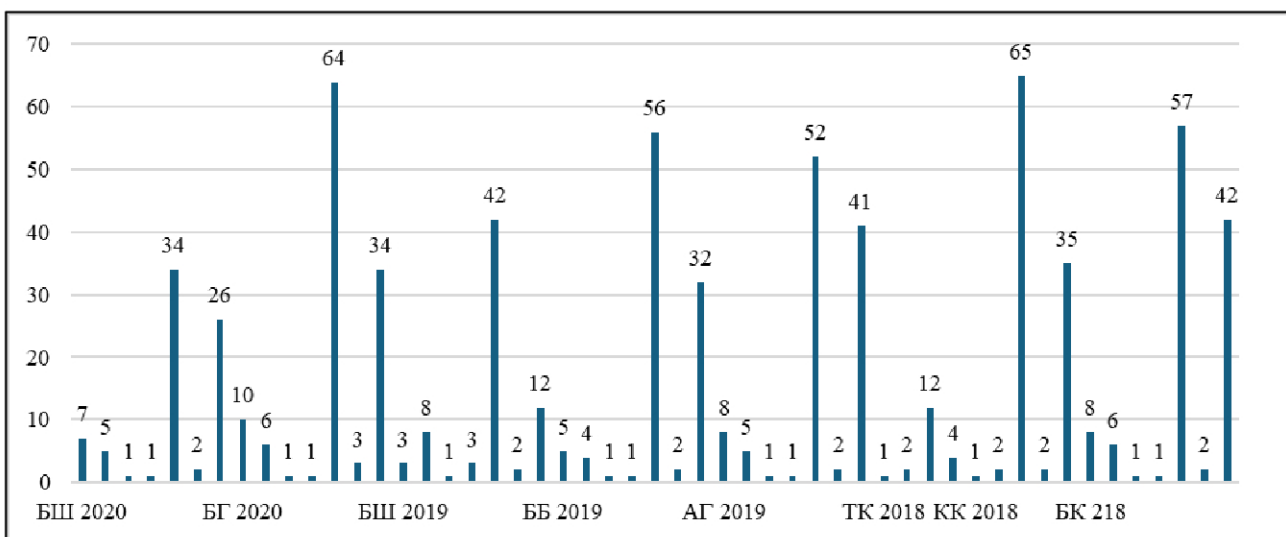


Рисунок 16 – Распределение жизненных форм исследуемых мониторинговых и контрольных точек по системе И.Г. Серебрякова

Проведенный анализ распределения жизненных форм по И.Г. Серебрякову по отдельным мониторинговым и контрольным точкам продемонстрировал следующее распределение видов.

На всех мониторинговых точках обследования наибольшее число видов приходится на долю травянистых поликарпиков и монокарпических трав: Бескайнар – 57 и 42 вида соответственно; Кызылкайрат – 65 и 35 видов; Таукаратурык – 12 и 4 вида; Амангельды – 52 и 41 вид; Бельбулак – 56 и 32 вида; Басши 2019 – 42 и 12 видов; Бригада 2 (Енбекши) – 64 и 34 видов; Басши 2020 – 34 и 26 видов соответственно. Также следует отметить, что по 1 виду приходится на долю кустарничков и полукустарничков на террии следующих мониторинговых и контрольных точек: Бескайнар, Амангельды, Бельбулак, Бригада 2 (Енбекши), Басши 2020.

Таким образом можно сделать вывод, что к числу многочисленных групп по классификации жизненных форм И.Г. Серебрякова относятся травянистые поликарпики и монокарпические травы, малочисленных – кустарнички, полукустарнички, сапрофитные и паразитные травянистые многолетники. Жизненные формы Таукаратурык представлены всего 4 группами: деревья – 1 вид, кустарники – 2 вида, травянистые поликарпики – 12 видов и монокарпические травы – 4 вида.

Система жизненных форм по биологическим типам К. Раункиера предоставляет основу для классификации растений относительно их адаптации к условиям окружающей среды. Данная система основывается на положении и защите возобновляемых почек в неблагоприятные сезоны. Жизненные формы, такие как гемикриптофиты, терофиты, криптофиты, фанерофиты и хамефиты, отражают стратегии выживания растений в различных климатических и экологических условиях.

Общий анализ по всем точкам показывает, что гемикриптофиты и терофиты занимают доминирующее положение, составляя по 28,25% от общего

числа видов, за ними следуют криптофиты (23,16%), фанерофиты (14,69%) и хамефиты (5,65%) (таблица 4).

Таблица 4 – Расположение выявленных видов растений по биологическим типам К. Раункиера

№	Система жизненных форм	Количество видов	% соотношение от общего количества
1	Гемикриптофит	50	28,2
2	Криптофит	41	23,2
3	Терофит	50	28,2
4	Фанерофит	26	14,7
5	Хамефит	10	5,6
	<b>Всего</b>	<b>177</b>	<b>100</b>

Проведенный анализ распределения жизненных форм по К. Раункиеру по отдельным мониторинговым и контрольным точкам выявил следующее расположение видов. В Бескайнаре гемикриптофиты (32,48%) и терофиты (34,19%) преобладают, криптофиты составляют 16,24%, а фанерофиты и хамефиты – 11,11% и 5,98% соответственно. В Кызылкайрате также доминируют гемикриптофиты (37,86%) и терофиты (35,92%), с меньшей долей криптофитов (17,48%) и незначительным присутствием фанерофитов (2,91%) и хамефитов (5,83%). В Таукаратурыке распределение более равномерное: гемикриптофиты составляют 31,58%, криптофиты – 21,05%, а терофиты, фанерофиты и хамефиты имеют равные доли по 15,79% (рисунок 16).

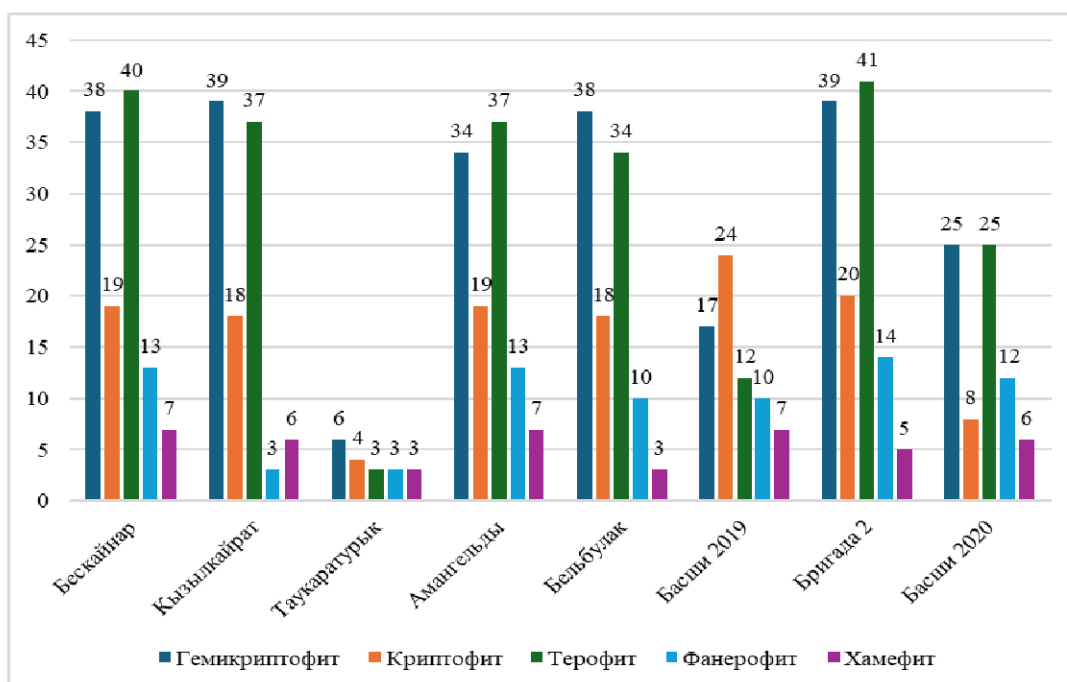


Рисунок 16 – Распределение жизненных форм исследуемых мониторинговых и контрольных точек по системе К. Раункиера

В Амангельды гемикриптофиты и терофиты вновь лидируют с 30,91% и 33,64%, криптофиты составляют 17,27%, а доля фанерофитов и хамефитов составляет 11,82% и 6,36%. В Бельбулаке гемикриптофиты (36,89%) и терофиты (33,01%) занимают значительную часть, за ними следуют криптофиты (17,48%), фанерофиты (9,71%) и хамефиты (2,91%). В Басши 2019 выделяются криптофиты (34,29%), гемикриптофиты (24,29%) и терофиты (17,14%), фанерофиты и хамефиты имеют долю 14,29% и 10,00%.

В Бригаде 2 гемикриптофиты (32,77%) и терофиты (34,45%) доминируют, а криптофиты (16,81%), фанерофиты (11,76%) и хамефиты (4,20%) занимают меньшую часть. В Басши 2020 гемикриптофиты и терофиты составляют по 32,89%, фанерофиты занимают 15,79%, криптофиты – 10,53%, а хамефиты – 7,89%. Таким образом, доминирование гемикриптофитов и терофитов прослеживается практически во всех точках, что отражает их адаптацию к условиям исследуемых территорий.

### **3.3 Хозяйственное значение дикорастущих растений**

Растения играют ключевую роль в экосистемах и экономике, обеспечивая множество ресурсов для человеческой деятельности. Их разнообразие и адаптационные способности позволяют использовать их в различных хозяйственных целях. Данный анализ предоставляет сведения о категориях хозяйственно - значимых растений, демонстрируя их практическое применение.

Следует отметить, что один и тот же вид растений может использоваться одновременно в нескольких направлениях, что значительно расширяет его практическую ценность.

Например, растение может быть как кормовым, так и лекарственным, а в некоторых случаях использоваться также в промышленности или для декоративных целей. Это универсальность делает такие виды растений особенно ценными, поскольку они обладают широким спектром полезных свойств и применений, что способствует их востребованности в различных отраслях.

Например, кормовые растения обеспечивают базу для животноводства, которая, в свою очередь, способствует развитию агроценозов, где сорные растения находят свою нишу.

Лекарственные и эфиромасличные растения предоставляют сырье для медицинской и косметической промышленности [151], а пищевые и технические виды играют ключевую роль в производстве продуктов и материалов.

Среди полезных групп выявленных видов растений мониторинговых и контрольных точек встречаются лекарственные, кормовые, пищевые, медоносные, витаминные, строительные, топливные, ядовитые, технические, декоративные, пряные, красильные, дубильные и др., а также выявлено значительное количество сорных видов (Приложение А, таблица А.1, таблица 5).



Таблица 5– Распределение групп полезных растений по типам

Тип	Группа полезных растений	Количество видов
Натурные	Лекарственные	92
	Кормовые	67
	Пищевые	51
	Медоносные	33
	Ядовитые	19
	Инсектицидные	1
	Декоративные	24
Технические	Эфиромасличные	14
	Жиромасличные	13
	Дубильные	13
	Красильные	9
	Волокнистые	4
	Топливные и древесинные	2

Наибольшее количество хозяйственно значимых видов приходится на долю натуральных растений – 287. Самая многочисленная группа – кормовые растения, которые содержат 92 вида. Растения, такие как *Artemisia absinthium* L. и *Chelidonium majus* L., содержат биоактивные соединения, используемые в медицине. Флавоноиды, алкалоиды и эфирные масла способствуют созданию препаратов, необходимых для лечения множества заболеваний. Далее следуют кормовые растения – 67 видов. К примеру, виды *Achillea millefolium* L. и *Aegilops cylindrica* Host, формируют основу рациона сельскохозяйственных животных. Их питательная ценность и устойчивость к климатическим условиям делают их незаменимыми для животноводства. На третьем месте расположились пищевые растения – 51 вид, которые являются источниками необходимых питательных веществ (*Amaranthus tricolor* L. и *Taraxacum* sect. *Taraxacum* F.H.Wigg.). Далее следуют медоносные растения – 33 вида (*Alhagi pseudalhagi* (M.Bieb.) Desv. ex Wangerin, *Arctium tomentosum* Mill., *Cichorium intybus* L. и др.), на долю декоративных приходится 24 вида (*Acanthophyllum pungens* (Bunge) Boiss., *Rosa alberti* Regel, *Cotoneaster multiflorus* Bunge), и всего 1 вид относится к инсектицидным – *Lepidium ruderale* L.

На долю технических растений приходится 55 видов. Эфиромасличные растения являются самой многочисленной группой – 14 видов (*Adonis aestivalis* L., *Artemisia absinthium* L., *Marrubium vulgare* L.). Жиромасличные (*Barbarea vulgaris* W.T.Aiton, *Brassica juncea* (L.) Czern., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.) и дубильные (*Limonium gmelini* (Willd.) Kuntze, *Barbarea vulgaris* W.T.Aiton, *Elaeagnus angustifolia* L.) включают по 13 видов, количество красильных видов – 9 (*Echium vulgare* L., *Hypericum perforatum* L., *Rubus caesius* L.). Незначительное число видов приходится на долю волокнистых – 4 (*Cannabis sativa* L., *Iris tenuifolia* Pall., *Malva thuringiaca* (L.) Vis.) и топливных, древесинных – 2 вида (*Betula pendula* Roth, *Ulmus pumila* L.).

На территории исследования были выявлены также и ядовитые растения – 19 видов. Например, растения с токсичными свойствами - *Bryonia alba* L. и *Convolvulus tragacanthoides* Turcz., требуют осторожности, однако, они также могут быть использованы в медицине и сельском хозяйстве. Их активные соединения могут быть применимы в создании инсектицидов и фармацевтических препаратов. Следует отметить, что среди выявленных растений, встречается значительное количество сорных видов – 88 (*Ambrosia artemisiifolia* L., *Artemisia dracunculus* L., *Cyperus serotinus* Rottb.). Наличие сорных видов свидетельствует о деградации растительного покрова, которая связана с антропогенным воздействием и замещением ценных кормовых растений сорными и ядовитыми.

Анализ хозяйственно – значимых видов показал, что на территории мониторинговых и контрольных точек встречается значительное количество видов, обладающих практическим потенциалом. Большинство растений могут быть использованы одновременно в нескольких направлениях, что увеличивает их практическую ценность. Самая многочисленная группа – натурные, среди которых лидирующее положение занимают лекарственные (92 вида) и кормовые (67 видов), малочисленная – инсектицидные – 1 вид.

#### **4.2 Изучение аккумуляции пестицидов и продуктов их распада, тяжелых металлов в доминантных растениях**

Изучение аккумуляции тяжелых металлов и пестицидов в растениях имеет важное значение, поскольку они являются одними из основных загрязнителей окружающей среды, оказывая негативное воздействие на почву, воду и экосистемы. Накопление тяжелых металлов и пестицидов в растениях представляет серьезную угрозу для пищевой цепи, увеличивая риски для здоровья человека и животных через продукты питания. Пестициды вызывают долгосрочные экологические проблемы, включая утрату биоразнообразия. Многие из этих загрязнителей устойчивы к разложению, что усиливает риск хронического загрязнения. Совместное присутствие тяжелых металлов и пестицидов может значительно усиливать их токсические эффекты, что требует комплексного подхода к их устранению [98].

##### **4.2.1 Определение остаточного количества пестицидов в вегетативных органах доминантных дикорастущих, кормовых растений**

Для проведения исследований по содержанию остаточных количеств пестицидов в растениях, произрастающих в регионах с историческим использованием агрохимикатов, были выбраны следующие точки обследования Алматинской области: Бескайнар, Кызылкайрат, Амангельды, Бельбулак, Бригада, а также контрольные точки Таукаратурык и Басши (2019 и 2020 гг.). Анализ проводился на четырех видах доминантных и кормовых растений: *Bromus inermis*, *Rumex confertus*, *Trifolium pratense* и *Artemisia annua*. Проведение анализов было необходимо для оценки степени загрязнения территорий,

определения особенностей накопления пестицидов растениями и выявления наиболее проблемных зон [128].

Анализ проб проводили на широкий спектр соединений, включая органохлорсодержащие пестициды (ДДТ,  $\gamma$ -ГХЦГ, гептахлор), а также их метаболиты (ДДЭ, 2,4-ДДД). Используемые методы анализа обеспечивали высокую чувствительность и точность определения соединений даже в следовых концентрациях. Данные позволили выявить как общие закономерности загрязнения, так и локальные особенности, связанные с видом растений и географическим положением точек отбора.

Полученные результаты (таблица 6) демонстрируют высокую степень исторического загрязнения исследуемых территорий пестицидами, использование которых прекращено десятилетия назад. Однако, накопление устойчивых соединений в биомассе растений указывает на их длительное сохранение в окружающей среде.

В ходе проведенного количественного анализа изучено содержание пестицидов в растительных образцах, собранных с контрольной точки Таукаратурык. Для исследования использовались чувствительные методы анализа, включая газовую хроматографию. Основное внимание уделено широкому спектру пестицидов, среди которых хлорорганические соединения, устойчивые в окружающей среде.

Анализ включал изучение образцов из четырех точек отбора: *Bromus inermis*, *Rumex confertus*, *Artemisia annua* и *Trifolium pratense*. Выявлены значительные различия в уровне загрязнения между точками отбора. Например, наибольшая концентрация гексахлорбензола (ГХБ) зафиксирована в образцах АА (666 мкг/кг), что в несколько раз превышает показатели других точек. Аналогично,  $\alpha$ -ГХЦГ достигает максимальных значений в *Rumex confertus* (106,9 мкг/кг), тогда как в АА и ТР эти значения ниже.

Среди хлорорганических соединений, таких как  $\gamma$ -ГХЦГ,  $\beta$ -ГХЦГ и дельта-ГХЦГ, наблюдаются устойчиво высокие концентрации, особенно в образце *Rumex confertus*.  $\gamma$ -ГХЦГ демонстрирует наиболее значительное превышение, достигая 193,6 мкг/кг. Этот результат свидетельствует о значительном накоплении соединения в данной точке, что может быть связано с историческим использованием пестицидов в сельскохозяйственных целях.

Гептахлор был обнаружен в высоких концентрациях во всех образцах растений, причем максимальное значение отмечено в *Rumex confertus* (690,3 мкг/кг). Это указывает на потенциальную токсическую нагрузку на почвенно-растительный покров данного района. Наличие альдрина и дельдрина, оба из которых являются продуктами деградации устойчивых пестицидов, подтверждает их накопительный характер.

Примечательно, что эндосульфат 2 и его сульфат обнаружены в значительных количествах в ТР (103,8 и 350,4 мкг/кг соответственно), что указывает на возможное влияние текущей деятельности. В образцах растений *Artemisia annua* выявлено наибольшее содержание ДДТ и его метаболитов, таких как ДДЭ и 2,4-ДДД, с концентрациями 340,68 и 646,3 мкг/кг соответственно. Эти данные подчеркивают долгосрочный характер загрязнения.

Таблица 6 – Содержание пестицидов в растениях, мкг/кг в мониторинговых и контрольных точках (2018–2020 гг.)

Точки сбора Наименование пробы	Бескайнар 2018 г.				Кызылкайрат 2018 г.				Контроль Таукаратурук 2018 г.			
	ВІ	RC	АА	ТР	ВІ	RC	АА	ТР	ВІ	RC	АА	ТР
Пестицид	мкг/кг	мкг/кг	мкг/кг	мкг/кг	мкг/кг	мкг/кг	мкг/кг	мкг/кг	мкг/кг	мкг/кг	мкг/кг	мкг/кг
ГХБ	68,2	133,6	178	159,8	75,6	120,5	114,5	175	35,6	168,6	666	87,4
α ГХЦГ	45,1	86,5	118,8	184,6	56,9	111,1	87,4	164,6	15,6	106,9	158,1	63,6
γ ГХЦГ	48,7	163,1	147,4	174,2	58,4	128	90,4	131,8	43,8	193,6	243,6	71,8
β ГХЦГ	0	0	180	322,2	129,7	218,7	154,2	298	42,6	141,6	0	101,4
гептахлор	200,2	541,2	584,9	552,2	232,2	511,8	391,9	152,3	151,6	690,3	318,99	370,3
дельта гхцг	67,9	166,5	220,6	92,6	69,1	159,8	123,2	76,1	17,6	187,3	338,1	110,2
альдрин	17,5	63,2	60,8	66,9	24,7	80,6	40,5	50	11,3	57,6	81,2	48,6
кельтан	11,4	30,9	66,1	160,7	13,5	0	44,1	0	0	42,4	0	27,1
гептахлорэпоксид	0	0	0	155	0	0	0	184	0	0	0	57,2
хлордан	2,5	25,3	28,2	34,3	0	0	0	37,6	0	27,8	0	22,3
эндосульфан 1	4,4	43,2	51	0	4,3	0	36,7	0	2,8	60,1	0	53,3
ДДЭ	78	263,2	322,1	171,8	153,8	253,4	293,6	361,4	25,9	153,9	133,83	167
дельдрин	5,7	41,2	28,3	55,4	5,4	171,5	23	49,3	3	66,2	0	0
2 4 ДДД	20,4	146,1	164,9	335,6	26,3	300	131,6	505,1	11,4	215,2	646,3	201,5
хлорбензилат	37	206,3	212,2	131,5	22,7	0	135,6	0	9,3	197,5	298,69	207,2
ддд	37,3	263,9	243,4	0	95,1	1113,4	422,4	283,3	27,9	589,4	710,1	597,7
эндрин	50,3	178,5	291,2	0	33,1	0	230,1	0	6,8	217,6	145,5	167,5
эндосульфан 2	14	71,1	88,9	0	12,5	0	68,8	142,6	0	0	0	103,8
ДДТ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	340,68	0
эндрин альдегид	51,5	287,1	255	0	30,8	940,1	174,3	0	18,6	311,3	233,9	242,7
эндосульфан сульфат	100,3	463,4	833,1	0	24,9	0	985,4	168,5	17,8	614,6	0	350,4
дибутил эндан	64,1	269,7	275,4	212,4	38,5	0	429,2	288,7	25,4	372	0	273
метоксихлор	96,6	529,1	528,9	197,1	79,2	549,9	447,7	185	93,9	754,1	272	529,8
гексабромбензол	0	0	0	0	0	0	0	42,3	0	0	2,2	0

Продолжение таблицы 6

Точки сбора Наименование пробы	Амангельды 2019 г.				Бельбулак 2019 г.				Контроль (п. Басши) 2019 г.			
	ВІ	RC	AA	TP	ВІ	RC	AA	TP	ВІ	RC	AA	TP
Пестицид	мкг/кг	мкг/кг	мкг/кг	мкг/кг	мкг/кг	мкг/кг	мкг/кг	мкг/кг	мкг/кг	мкг/кг	мкг/кг	мкг/кг
ГХБ	302,8	176,4	97	83,9	0	0	0	0	713	0	0	0
α ГХЦГ	244	190,6	1,9	82,6	0	648	0	0	0	0	0	0
β ГХЦГ	257,6	597,4	0	0	0	1340,3	0	1112,2	2093,2	0	0	0
γ ГХЦГ	253	122,8	46,6	0	625	0	600	263,9	1354,7	732	2627,2	1304,1
гептахлор	0	0	66,2	215	0	0	0	0	0	0	0	0
δ- гхцг	158,2	167,9	98,4	157,4	0	0	0	0	0	0	0	0
альдрин	114,4	123	34,9	44,9	0	0	0	0	0	0	0	0
кельтан	0	0	35,8	25,2	0	0	0	0	0	0	0	0
дильдрин	0	228,4	16,4	0	5050	46410	1250	1210	3210	1300	0	0
эндрин	12,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
эндрин альдегид	59	231,3	166,5	0	0	0	0	735	2218,2	0	0	0
хлорбензилат	50,3	0	53,4	120,4	0	0	0	0	0	0	0	0
эндосульфан 2	14,2	0	77,3	119,4	0	0	0	0	0	0	0	0
эндосульфан сульфат	196,2	0	2036,7	204,9	0	0	0	0	0	0	0	0
дибутил эндан	176,2	1705,8	159,7	231,5	0	0	0	0	0	0	0	0
метоксихлор	303	0	306,9	536	0	0	0	0	0	0	0	0
гептахлорэпоксид	0	234,2	19,5	44,6	0	0	0	0	0	0	0	0
хлордан	0	0	0	41,9	0	2752	0	1871,1	0	0	1426,7	0
эндосульфан 1	0	0	55,9	78	0	0	0	0	0	0	0	0
ДДЭ	116,8	215	72,7	49,5	0	0	0	0	0	0	0	0
2,4 ДДД	51,2	0	93,3	162,8	0	1407,1	0	0	4363	0	0	0
ддд	61,1	582,8	121	264,9	0	0	0	0	0	0	0	0
ДДТ	0	0	0	1937	34635,4	9559,2	0	4778,3	0	0	47383,3	0
гексабромбензол	0	0	1558,9	1076	0	0	0	0	0	0	0	0

Продолжение таблицы 6

Точки сбора	Бригада 2020 г.				Контроль (п. Басши) 2020 г.			
Наименование пробы	ВІ	RC	AA	TP	ВІ	RC	AA	TP
Пестицид	ВІ	RC	AA	TP	ВІ	RC	AA	TP
ГХБ	0	0	0	0	0,8	0	0,9	2,7
α ГХЦГ	0	0	0	0	4,6	0,2	2,5	21
β ГХЦГ	523,5	2818,8	1166,3	0	2,1	0,7	0,6	12,7
γ ГХЦГ	1054,4	638	836,7	5351,3	1,9	0,2	2,5	7,2
гептахлор	0	0	0	0	1,4	0,2	0,3	11,7
δ- гхцг	0	1629,2	0	0	2,1	0,2	3,5	21,9
альдрин	0	365,6	0	0	6,8	1,1	0	4,8
кельтан	0	0	0	0	3	0,2	4,3	41,5
дильдрин	4190	54430	6650	4900	0,8	0	0,9	2,7
эндрин	0	0	0	0	4,6	0,2	2,5	21
эндрин альдегид	0	2104,7	0	0	2,1	0,7	0,6	12,7
хлорбензилат	0	3072,4	0	0	1,9	0,2	2,5	7,2
эндосульфан 2	0	0	0	0	0	6,1	0	0
эндосульфан сульфат	0	2381,8	0	0	2,7	9,9	0	1,3
дибутил эндан	0	0	0	0	3,1	8,9	0	0
метоксихлор	0	0	0	0	7,9	4,9	0	0
гептахлорэпоксид	0	0	0	0	0	15	0	0
хлордан	750	6005,2	1527,6	712,9	5,6	13	0	0
эндосульфан 1	0	2351,6	0	0	9,9	3,3	0	0
ДДЭ	0	1139,6	0	0	8	19,1	0	0
2,4 ДДД	0	2182,8	0	0	0	6,1	0	0
ддд	0	4979,7	0	0	2,7	9,9	0	1,3
ДДТ	17609,3	14877,6	46308,2	27107,9	3,1	8,9	0	0
гексабромбензол	0	0	0	0	7,9	4,9	0	0

Обнаружение метоксихлора, достигающего пикового уровня в *Rumex confertus* (754,1 мкг/кг), подтверждает присутствие более современных соединений, используемых в прошлом для борьбы с насекомыми. Примечательно, что соединение гексабромбензол зафиксировано только в образце *Artemisia annua* (2,2 мкг/кг), что свидетельствует о его редком распространении.

Анализ демонстрирует необходимость дальнейшего мониторинга для оценки экологических рисков и выработки рекомендаций по восстановлению экосистем. Накопление пестицидов в растениях свидетельствует о сложной экологической ситуации, требующей комплексного подхода для предотвращения дальнейшего загрязнения. Полученные данные могут быть использованы для оценки последствий загрязнения и разработки стратегий по его минимизации.

Анализ содержания растений из района Бескайнар выявил широкий спектр пестицидов с различными концентрациями в четырех образцах: *Bromus inermis*, *Rumex confertus*, *Artemisia annua* и *Trifolium pratense*. Использование современных аналитических методов, таких как газовая хроматография, позволило установить точные значения содержания устойчивых органических загрязнителей.

Гексахлорбензол (ГХБ), широко используемый в прошлом пестицид, был обнаружен во всех образцах. Максимальная концентрация зафиксирована в *Artemisia annua* (178 мкг/кг), тогда как в других образцах значения варьировались от 68,2 до 159,8 мкг/кг. Гептахлор демонстрирует самые высокие показатели в *Artemisia annua* и *Trifolium pratense* (584,9 и 552,2 мкг/кг соответственно), что указывает на значительное историческое загрязнение района.

Среди изомеров гексахлорциклогексана (ГХЦГ), наибольшие уровни  $\gamma$ -ГХЦГ выявлены в *Rumex confertus* и *Trifolium pratense* (163,1 и 174,2 мкг/кг соответственно). Интересно, что  $\beta$ -ГХЦГ достигает пиковых значений в *Trifolium pratense* (322,2 мкг/кг), тогда как в *Bromus inermis* и *Rumex confertus* этот изомер полностью отсутствует.

Метаболиты ДДТ, такие как ДДЭ и 2,4-ДДД, зафиксированы в значительных концентрациях во всех образцах растений. Особенно высокий уровень 2,4-ДДД наблюдается в *Trifolium pratense* (335,6 мкг/кг), что свидетельствует о долговременном распаде исходного соединения. Отсутствие чистого ДДТ указывает на возможное прекращение его использования, однако метаболиты сохраняют свою токсичность.

Эндрин и его альдегид представлены в значительных концентрациях, особенно в *Rumex confertus* и *Artemisia annua* (291,2 и 255 мкг/кг соответственно). Примечательно, что эндрин альдегид отсутствует в образце *Trifolium pratense*, что может быть связано с особенностями деградации соединения в точке Бескайнар.

Эндосульфат и его сульфат достигают максимальных концентраций в *Artemisia annua* (833,1 мкг/кг), что значительно превышает показатели других

точек. Это подчеркивает риск накопления этих токсичных соединений в определенных зонах.

Метоксихлор был выявлен во всех образцах, особенно в *Rumex confertus* и *Artemisia annua* (529,1 и 528,9 мкг/кг соответственно). Эти значения подчеркивают потенциальный вклад современного применения инсектицидов [128].

Результаты анализа указывают на значительное историческое и текущее загрязнение растительности в районе Бескайнар устойчивыми органическими загрязнителями. Эти данные подтверждают необходимость продолжения мониторинга и разработки стратегий по восстановлению экосистем и предотвращению дальнейшего загрязнения окружающей среды. Полученные результаты также могут служить основой для оценки рисков для здоровья человека и сельскохозяйственных культур в регионе.

Проведенный анализ растительных проб из района Кызылкайрат позволил выявить значительное содержание различных пестицидов в четырех образцах растений: *Bromus inermis*, *Rumex confertus*, *Artemisia annua* и *Trifolium pratense*. Данные подчеркивают сложность экологической ситуации и наличие устойчивых органических загрязнителей.

Гексахлорбензол (ГХБ) присутствует во всех пробах, достигая максимальной концентрации в *Trifolium pratense* (175 мкг/кг). В других точках его значения варьируются от 75,6 до 120,5 мкг/кг, что свидетельствует о равномерном распространении данного соединения.

Изомеры гексахлорциклогексана (ГХЦГ) демонстрируют значительные концентрации, особенно  $\beta$ -ГХЦГ, который достигает пикового значения в *Trifolium pratense* (298 мкг/кг).  $\gamma$ -ГХЦГ наиболее высоко представлен в *Rumex confertus* (128 мкг/кг), тогда как  $\alpha$ -ГХЦГ доминирует в *Trifolium pratense* (164,6 мкг/кг).

Гептахлор зафиксирован на высоких уровнях во всех пробах растений, с максимальной концентрацией в *Rumex confertus* (511,8 мкг/кг). Это указывает на возможное историческое использование данного инсектицида в сельскохозяйственных целях.

Метаболиты ДДТ, такие как ДДЭ и 2,4-ДДД, выявлены в значительных количествах. Максимальная концентрация ДДЭ зафиксирована в *Trifolium pratense* (361,4 мкг/кг), тогда как 2,4-ДДД достигает пика в той же точке (505,1 мкг/кг). Отсутствие чистого ДДТ подтверждает факт длительного периода деградации соединения в окружающей среде.

Альдрин и его метаболит дельдрин обнаружены в высоких концентрациях, особенно в *Rumex confertus*, где дельдрин достигает 171,5 мкг/кг. Это свидетельствует о значительном накоплении данных соединений.

Эндосульфат и его производные также зафиксированы в значительных концентрациях, особенно эндосульфат сульфат, который достигает 985,4 мкг/кг в образце *Artemisia annua*. Это указывает на потенциальный риск биоаккумуляции.



Метоксихлор, современный инсектицид, выявлен во всех пробах, с максимальным значением в *Rumex confertus* (549,9 мкг/кг). Его присутствие подчеркивает возможность текущего загрязнения окружающей среды.

Примечательно, что гексабромбензол был обнаружен только в *Trifolium pratense* (42,3 мкг/кг), что указывает на локализованное присутствие данного соединения.

Данные анализа подтверждают высокую степень загрязнения растительности в районе Кызылкайрат устойчивыми органическими загрязнителями. Эти результаты подчеркивают необходимость дальнейшего мониторинга, оценки экологических и санитарных рисков, а также разработки стратегий по снижению воздействия токсикантов на экосистемы и здоровье человека [150].

Проведенный количественный анализ растительных образцов из района Амангельды выявил наличие широкого спектра пестицидов в различных видах растений: *Bromus inermis*, *Rumex confertus*, *Trifolium pratense* и *Artemisia annua*. Полученные данные демонстрируют как общие закономерности, так и значительные различия в уровнях загрязнения между видами.

Гексахлорбензол (ГХБ) обнаружен во всех растительных образцах, причем максимальное значение зафиксировано в *Bromus inermis* (302,8 мкг/кг), а минимальное – в *Artemisia annua* (83,9 мкг/кг). Это свидетельствует о высокой способности некоторых видов к накоплению данного соединения.

Изомеры гексахлорциклогексана (ГХЦГ) продемонстрировали вариативность в распределении.  $\beta$ -ГХЦГ достигает максимальных значений в *Rumex confertus* (597,4 мкг/кг), тогда как в *Trifolium pratense* и *Artemisia annua* он полностью отсутствует.  $\gamma$ -ГХЦГ обнаружен на уровне 253 мкг/кг в *Bromus inermis* и 46,6 мкг/кг в *Trifolium pratense*, что указывает на возможную видовую специфику поглощения.

Гептахлор выявлен только в *Trifolium pratense* и *Artemisia annua* (66,2 и 215 мкг/кг соответственно), что подчеркивает локализованное загрязнение.

Метаболиты ДДТ, включая ДДЭ и 2,4-ДДД, обнаружены во всех видах, однако концентрация 2,4-ДДД наиболее высокая в *Artemisia annua* (162,8 мкг/кг). Примечательно, что ДДТ выявлен исключительно в этом же виде (1937 мкг/кг), что свидетельствует о значительном остаточном загрязнении данной местности.

Эндрин и его альдегид присутствуют в *Bromus inermis* и *Rumex confertus*, причем альдегид достигает 231,3 мкг/кг в *Rumex confertus*. Это подтверждает долгосрочное воздействие устойчивых органических загрязнителей.

Эндосульфат и его сульфат демонстрируют значительные концентрации, особенно в *Trifolium pratense* (2036,7 мкг/кг) и *Artemisia annua* (204,9 мкг/кг). Это подчеркивает высокий риск накопления этих токсичных соединений.

Современные инсектициды, такие как метоксихлор, были обнаружены в значительных количествах во всех видах растений, достигая пика в *Artemisia annua* (536 мкг/кг).

Особое внимание привлекает выявление гексабромбензола, достигающего 1558,9 мкг/кг в *Trifolium pratense* и 1076 мкг/кг в *Artemisia annua*.

Этот редкий соединение указывает на специфическое воздействие источников загрязнения.

Полученные данные свидетельствуют о значительном загрязнении растительности в районе Амангельды, что требует продолжения мониторинга и разработки мер по снижению риска для окружающей среды и здоровья человека.

Проведенный анализ растительных образцов из района Бельбулак выявил наличие ограниченного числа пестицидов, сосредоточенных преимущественно в нескольких видах растений. Исследуемые виды включали *Bromus inermis*, *Rumex confertus*, *Trifolium pratense* и *Artemisia annua*.

Гексахлорбензол (ГХБ) не был обнаружен ни в одном из образцов, что может свидетельствовать о его отсутствии в окружающей среде данного региона или низкой способности растений накапливать это соединение.

Среди изомеров гексахлорциклогексана (ГХЦГ) наиболее высокие концентрации  $\beta$ -ГХЦГ зафиксированы в *Rumex confertus* (1340,3 мкг/кг) и *Artemisia annua* (1112,2 мкг/кг).  $\gamma$ -ГХЦГ достиг пика в *Bromus inermis* (625 мкг/кг) и *Trifolium pratense* (600 мкг/кг), подчеркивая их активное накопление.

Дильдрин обнаружен в значительных концентрациях во всех растениях, особенно в *Rumex confertus* (46410 мкг/кг), что делает это растение потенциальным индикатором загрязнения данным соединением. В *Bromus inermis* концентрация составила 5050 мкг/кг, а в *Trifolium pratense* и *Artemisia annua* – 1250 и 1210 мкг/кг соответственно.

ДДТ, несмотря на запрет использования, зафиксирован в трех видах растений: *Bromus inermis* (34635,4 мкг/кг), *Rumex confertus* (9559,2 мкг/кг) и *Artemisia annua* (4778,3 мкг/кг). Эти значения указывают на значительное историческое загрязнение.

Примечательно, что в *Rumex confertus* отмечено содержание хлордена (2752 мкг/кг), а в *Artemisia annua* – 1871,1 мкг/кг. Это соединение редко встречается в высоких концентрациях и может свидетельствовать о локальных источниках загрязнения.

Многие соединения, включая эндосульфаны, альдрин, метоксихлор и гептахлор, не были обнаружены, что может указывать на ограниченность их использования в данном регионе или их низкую устойчивость в почвенно-растительной системе.

Результаты анализа демонстрируют высокие уровни накопления отдельных пестицидов в изученных видах растений. Это подчеркивает необходимость дальнейшего изучения экологических последствий и разработки мер по восстановлению экосистемы в районе Бельбулак. Полученные данные могут быть использованы для оценки риска для здоровья человека, особенно в контексте использования этих растений в сельском хозяйстве или медицинских целях.

Проведенный количественный анализ растительных проб из района Басши выявил наличие отдельных пестицидов в отобранных пробах растений. Результаты указывают на неоднородность загрязнения и специфичность накопления пестицидов разными видами растений.

Гексахлорбензол (ГХБ) обнаружен только в *Bromus inermis* (713 мкг/кг), что свидетельствует о локализованном загрязнении данного соединения.

Изомеры гексахлорциклогексана (ГХЦГ) продемонстрировали значительную вариативность.  $\beta$ -ГХЦГ зафиксирован исключительно в *Bromus inermis* (2093,2 мкг/кг), тогда как  $\gamma$ -ГХЦГ обнаружен во всех растениях. Наибольшая концентрация  $\gamma$ -ГХЦГ зафиксирована в *Trifolium pratense* (2627,2 мкг/кг), а минимальная – в *Rumex confertus* (732 мкг/кг).

Дильдрин, как продукт распада устойчивых пестицидов, обнаружен в *Bromus inermis* (3210 мкг/кг) и *Rumex confertus* (1300 мкг/кг). Его отсутствие в других видах растений может быть связано с видовой специфичностью поглощения.

Примечательно, что эндрин альдегид зафиксирован только в *Bromus inermis* (2218,2 мкг/кг). Это подчеркивает роль данного вида растений как индикатора загрязнения соединениями группы эндрина.

Хлордан был выявлен исключительно в *Trifolium pratense* (1426,7 мкг/кг), что может свидетельствовать о локализованном источнике загрязнения.

2,4-ДДД, метаболит ДДТ, зафиксирован в *Bromus inermis* (4363 мкг/кг). Это подтверждает длительное воздействие исторического загрязнения пестицидами в данном регионе.

Самые высокие концентрации ДДТ обнаружены в *Trifolium pratense* (47383,3 мкг/кг). Этот результат указывает на интенсивное накопление ДДТ данным видом растений, что требует особого внимания в экологическом мониторинге.

Большинство других пестицидов, включая эндосульфаны, метоксифлор и гептахлор, не были обнаружены, что может свидетельствовать об их ограниченном применении в прошлом или низкой устойчивости в окружающей среде.

Результаты исследования подчеркивают значительную степень загрязнения растений района Басши отдельными стойкими органическими загрязнителями. Это требует дальнейшего мониторинга, чтобы предотвратить возможные экологические риски и риски для здоровья человека. Полученные данные могут использоваться для разработки мероприятий по восстановлению экосистемы.

Проведенный анализ растительных проб из района Бригада показал значительные концентрации некоторых устойчивых органических загрязнителей, особенно из группы органохлорных соединений, в растениях *Bromus inermis*, *Rumex confertus*, *Trifolium pratense* и *Artemisia annua*.

Гексахлорбензол (ГХБ) и  $\alpha$ -ГХЦГ отсутствовали во всех пробах, что указывает на отсутствие загрязнения этими соединениями в данной местности или их низкую устойчивость в почвенно-растительной системе.

$\beta$ -ГХЦГ был выявлен во всех растениях, кроме *Artemisia annua*. Максимальная концентрация наблюдается в *Rumex confertus* (2818,8 мкг/кг), что может свидетельствовать о способности этого вида к эффективному накоплению изомеров ГХЦГ.

$\gamma$ -ГХЦГ обнаружен во всех пробах, при этом наиболее высокий уровень зафиксирован в *Artemisia annua* (5351,3 мкг/кг). Этот вид растений демонстрирует повышенную способность к биоаккумуляции данного соединения.

Дильдрин, продукт распада устойчивых пестицидов, был зафиксирован во всех растениях, с пиковыми значениями в *Rumex confertus* (54430 мкг/кг). Это указывает на историческое использование пестицидов в этой зоне и их долговременное воздействие на экосистему.

Эндрин альдегид, метаболит эндрина, обнаружен исключительно в *Rumex confertus* (2104,7 мкг/кг), что подчеркивает видовую специфику накопления.

Хлордан зафиксирован во всех растениях, с максимальной концентрацией в *Rumex confertus* (6005,2 мкг/кг). Данный результат указывает на возможное локализованное загрязнение этим соединением.

Метаболиты ДДТ, включая 4,4'-ДДЭ, 2,4-ДДД и 4,4'-ДДД, были обнаружены преимущественно в *Rumex confertus* (1139,6 мкг/кг для 4,4'-ДДЭ, 2182,8 мкг/кг для 2,4-ДДД и 4979,7 мкг/кг для 4,4'-ДДД). Это подчеркивает их долгосрочное влияние на окружающую среду.

ДДТ зафиксирован во всех растениях, достигая максимальной концентрации в *Trifolium pratense* (46308,2 мкг/кг). Этот результат подчеркивает высокий уровень исторического загрязнения и указывает на необходимость дальнейших исследований для предотвращения распространения этих соединений.

Большинство других соединений, таких как метоксихлор, гептахлор и эндосульфаны, не были обнаружены. Это может свидетельствовать об их ограниченном использовании или низкой устойчивости в окружающей среде.

Полученные данные указывают на значительное накопление пестицидов в некоторых растениях, особенно в *Rumex confertus* и *Trifolium pratense*. Эти виды могут быть использованы в качестве индикаторов загрязнения. Результаты исследования подчеркивают необходимость постоянного мониторинга и разработки стратегий для минимизации экологического и санитарного риска.

Проведенный анализ растительных проб из района Басши выявил наличие низких концентраций различных пестицидов в растениях *Bromus inermis*, *Rumex confertus*, *Trifolium pratense* и *Artemisia annua*. Несмотря на сравнительно невысокий уровень загрязнения, результаты свидетельствуют о наличии устойчивых органических загрязнителей.

Гексахлорбензол (ГХБ) зафиксирован во всех образцах, с минимальными концентрациями от 0,8 мкг/кг в *Bromus inermis* до 2,7 мкг/кг в *Artemisia annua*.

Изомеры гексахлорциклогексана (ГХЦГ), включая  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - и  $\delta$ -ГХЦГ, были обнаружены во всех видах растений, с наиболее высокими концентрациями  $\delta$ -ГХЦГ в *Artemisia annua* (21,9 мкг/кг). Этот вид растений демонстрирует наибольшую способность к накоплению данного соединения.

Гептахлор и его эпоксид встречаются в небольших количествах, преимущественно в *Artemisia annua* (11,7 мкг/кг). Это может указывать на локализованное загрязнение данным соединением.

Альдрин и дельдрин также зафиксированы в следовых количествах, с пиками в *Bromus inermis* (6,8 мкг/кг для альдрина) и *Artemisia annua* (2,7 мкг/кг для дельдрина).

Эндрин и его альдегид были обнаружены во всех растениях. Максимальные концентрации эндрина (21 мкг/кг) и его альдегида (12,7 мкг/кг) зафиксированы в *Artemisia annua*.

Метоксихлор, современный инсектицид, был обнаружен в *Bromus inermis* (7,9 мкг/кг) и *Rumex confertus* (4,9 мкг/кг). Это подчеркивает наличие текущего или недавнего воздействия этого соединения.

4,4'-ДДТ, а также его метаболиты 4,4'-ДДЭ и 4,4'-ДДД, были выявлены преимущественно в *Bromus inermis* и *Rumex confertus*. Максимальная концентрация 4,4'-ДДЭ (19,1 мкг/кг) зафиксирована в *Rumex confertus*.

Хлордан был обнаружен только в *Bromus inermis* и *Rumex confertus*, с пиковым значением 13 мкг/кг в последнем виде.

Гексабромбензол, редко встречающееся соединение, присутствует в низких концентрациях в *Bromus inermis* (7,9 мкг/кг) и *Rumex confertus* (4,9 мкг/кг).

Результаты демонстрируют низкий уровень загрязнения растительности района Басши, что может свидетельствовать об удалении источников пестицидного загрязнения. Однако наличие устойчивых органических загрязнителей подчеркивает необходимость продолжения мониторинга для оценки их долгосрочного воздействия на экосистему. Эти данные могут быть использованы для разработки программ экологической реабилитации региона.

Анализ проб из района Таукаратурык выявил значительное содержание органохлорных соединений в растениях. Высокие концентрации таких соединений, как гептахлор (максимум 690,3 мкг/кг в *Rumex confertus*), β-ГХЦГ (322,2 мкг/кг в *Trifolium pratense*), эндосульфат сульфат (833,1 мкг/кг в *Artemisia annua*) и ДДЭ (361,4 мкг/кг в *Trifolium pratense*), свидетельствуют о долговременном воздействии исторического загрязнения. Отсутствие ряда соединений, включая гексабромбензол и эндосульфат 1, указывает на их ограниченное использование или низкую устойчивость в окружающей среде.

В районе Бескайнар наиболее высокие концентрации пестицидов были выявлены в таких соединениях, как гептахлор (584,9 мкг/кг в *Artemisia annua*), эндосульфат сульфат (833,1 мкг/кг в *Artemisia annua*) и метоксихлор (529,1 мкг/кг в *Rumex confertus*). Примечательно, что эндрин и его метаболиты также обнаружены в значительных концентрациях, что свидетельствует о длительном воздействии данных загрязнителей.

Растительные пробы из Кызылкайрата характеризовались накоплением ДДТ и его метаболитов, с максимальными концентрациями 2,4-ДДД (505,1 мкг/кг) и ДДЭ (361,4 мкг/кг) в *Trifolium pratense*. Примечательно, что эндосульфат сульфат был обнаружен в значительных количествах в *Artemisia annua* (985,4 мкг/кг), что подчеркивает риск биоаккумуляции [150].

В районе Амангельды наблюдается значительное загрязнение растений такими соединениями, как эндосульфат сульфат (2036,7 мкг/кг в *Trifolium pratense*) и ДДТ (1937 мкг/кг в *Artemisia annua*). Полученные данные

подчеркивают необходимость мониторинга и разработки мер по снижению воздействия данных соединений.

Анализ проб из Бельбулака выявил значительное содержание ДДТ, достигающее 34635,4 мкг/кг в *Bromus inermis*. Также высокие концентрации дильдрина (46410 мкг/кг в *Rumex confertus*) свидетельствуют о серьезных исторических источниках загрязнения.

В пробах из района Басши наиболее высокие концентрации пестицидов наблюдались для  $\gamma$ -ГХЦГ (2627,2 мкг/кг в *Trifolium pratense*) и ДДТ (47383,3 мкг/кг в том же виде). Эти данные подчеркивают значительное влияние исторического загрязнения.

Растения из района Бригада продемонстрировали значительное накопление  $\gamma$ -ГХЦГ (5351,3 мкг/кг в *Artemisia annua*) и дильдрина (54430 мкг/кг в *Rumex confertus*). Это свидетельствует о необходимости принятия мер для снижения воздействия загрязнителей.

Пробы из Басши (2020) характеризуются низкими концентрациями большинства пестицидов. Тем не менее, ДДЭ (19,1 мкг/кг в *Rumex confertus*) и гексахлорбензол (7,9 мкг/кг в *Bromus inermis*) остаются проблемой, требующей внимания.

Диаграмма РСА приведенный в рисунке 16 показывает распределение различных пестицидов по двум главным компонентам, объясняющим 25.86% и 19.36% вариабельности данных соответственно. Пестициды, такие как хлордан, альдрин, диельдрин, образуют отчетливые группы, что указывает на их сходные профили накопления. В то же время некоторые пестициды находятся ближе к центру, показывая меньшую вариабельность в накоплении. Этот анализ подчеркивает разнообразие накопления пестицидов и помогает выявить ключевые факторы, влияющие на распределение пестицидов в растениях.

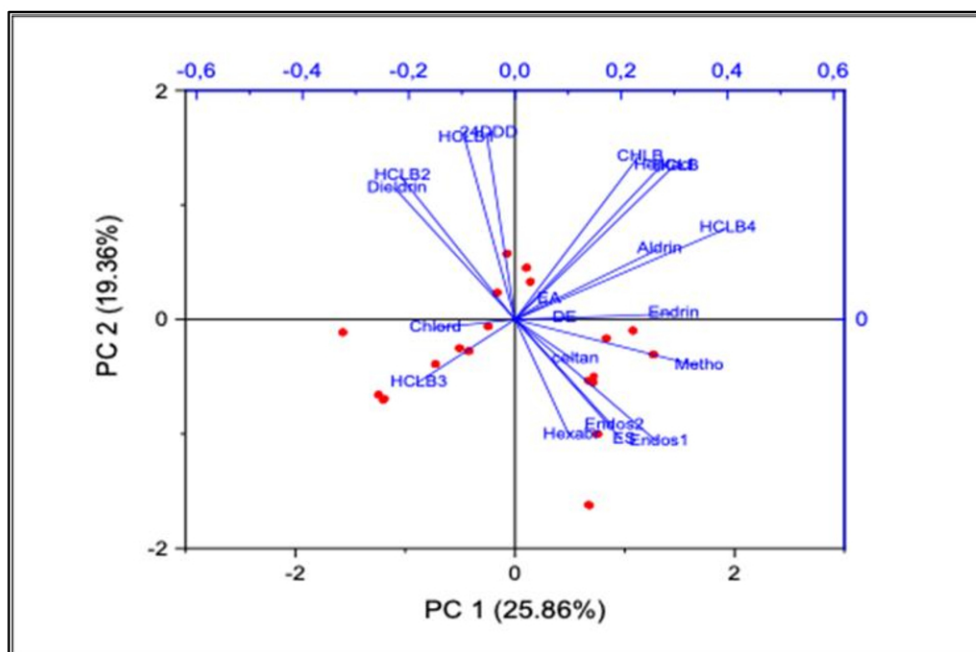


Рисунок 16 – РСА анализ двумерного пространства, образованного двумя главными компонентами PC1 и PC2 по видам пестицидов

Диаграмма PCA показывает (рисунок 17) распределение точек отбора проб по двум главным компонентам, объясняющим 33.12% и 21.52% вариабельности данных соответственно. Образцы из точек Кызылкайрат и Бескайнар имеют заметные отличия, расположенные в отдельной группе, что указывает на специфические паттерны накопления пестицидов в этих точках. Образцы из точек Амангельды, Бельбулак и Таукаратурык сгруппированы ближе к центру, что указывает на более схожие профили накопления. Этот анализ помогает выявить географические различия в накоплении пестицидов в растениях.

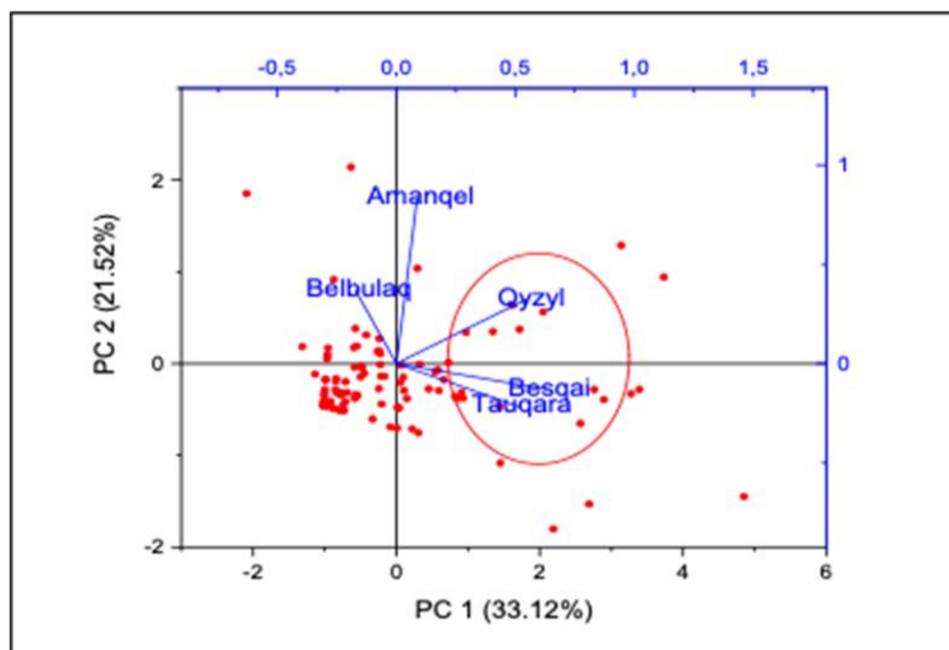


Рисунок 17 – PCA анализ двумерного пространства, образованного двумя главными компонентами PC1 и PC2 по точкам

Диаграмма PCA на рисунке 18 показывает, что основные компоненты 1 (58.08%) и 2 (24.04%) объясняют значительную часть вариабельности в данных о накоплении пестицидов в различных видах растений. Виды растений, такие как *Artemisia*, *Trifolium* и *Rumex*, имеют отличительные паттерны накопления, демонстрируя разнообразие в ответах на загрязнение. Большинство образцов сгруппированы близко к центру, указывая на схожие уровни накопления пестицидов в этих растениях.

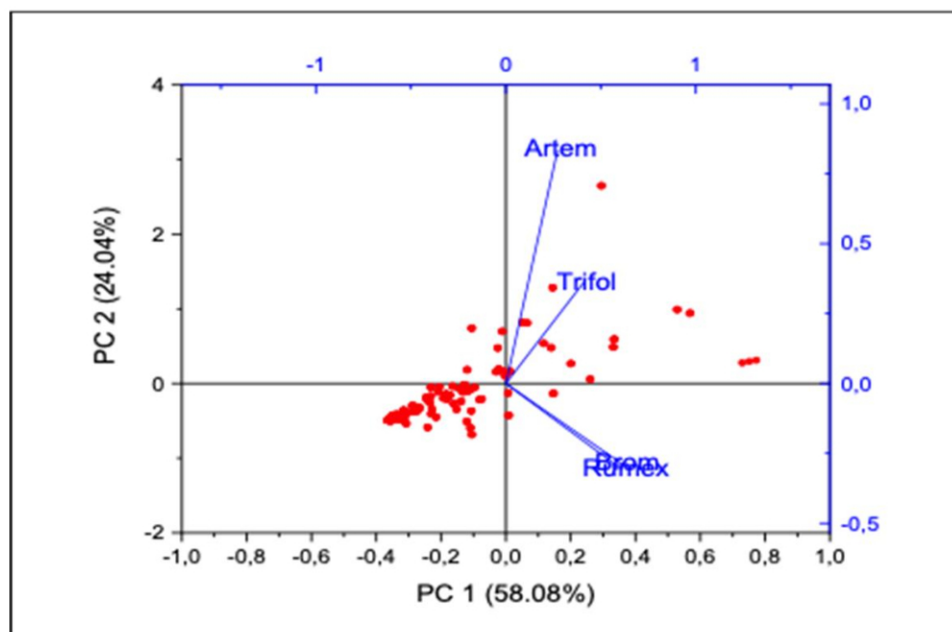


Рисунок 18 – PCA анализ двумерного пространства, образованного двумя главными компонентами PC1 и PC2 по видам растений

Общее заключение по всем точкам отбора показало значительные различия в уровнях остаточных количеств пестицидов в зависимости от региона и видовой принадлежности растений. В ряде случаев концентрации пестицидов превышали предельно допустимые нормы, что указывает на необходимость дальнейших исследований и разработки мер по снижению воздействия загрязнителей.

#### 3.4.2 Определение валового содержания тяжелых металлов в вегетативных органах доминантных дикорастущих, кормовых растений

В рамках данной диссертационной работы были проанализированы остаточные количества тяжелых металлов в образцах растений, отобранных в мониторинговых и контрольных точках Алматинской области. Для определения остаточных количеств тяжелых металлов со всех точек были собраны основные доминантные, кормовые растения *Artemisia annua*, *Bromus inermis*, *Rumex confertus* и *Trifolium pratense* (таблица 7). Основное внимание было уделено элементам свинца (Pb), кадмия (Cd), цинка (Zn), меди (Cu), железа (Fe), никеля (Ni), кобальта (Co), марганца (Mn) и хрома (Cr) [128].

Анализируя полученных данных по мониторинговой точке Бескайнар (рисунок 19а, таблица 7), можно сказать, что каждое растение характеризуется уникальным распределением тяжелых металлов.

Наибольшая концентрация свинца отмечена у *Trifolium pratense* (6,52 мг/кг), что в три раза превышает уровень в *Bromus inermis* (2,05 мг/кг). *Artemisia annua* имеет промежуточное значение (3,15 мг/кг), что связано с её склонностью к накоплению металлов. *Rumex confertus* демонстрирует умеренный уровень содержания свинца (4 мг/кг), что может быть обусловлено особенностями почвенного фона.



Максимальная концентрация кадмия зафиксирована в *Bromus inermis* (2 мг/кг), что указывает на возможность специфического взаимодействия этого растения с кадмием в почве. *Trifolium pratense* и *Artemisia annua* демонстрируют сниженные уровни (1,05 и 1,62 мг/кг соответственно), что указывает на меньшую способность этих растений к аккумуляции кадмия.

*Artemisia annua* характеризуется самым высоким содержанием цинка (72,05 мг/кг). Это может быть обусловлено структурными особенностями тканей растения. *Trifolium pratense* имеет значение 60 мг/кг, тогда как *Bromus inermis* показывает минимальное содержание (50,42 мг/кг), что подтверждает его меньшую способность к биоаккумуляции этого элемента.

Высочайший уровень меди наблюдается в *Artemisia annua* (9,91 мг/кг). *Trifolium pratense* (8,62 мг/кг) показывает схожий результат, в то время как *Bromus inermis* демонстрирует значительно меньшую концентрацию (7 мг/кг). *Rumex confertus* демонстрирует уровень меди (8,5 мг/кг), близкий к среднему значению для рассматриваемых видов.

*Trifolium pratense* содержит максимальное количество железа (141,4 мг/кг), что подтверждает его роль как индикатора загрязнения железом. *Rumex confertus* имеет второе по величине содержание (128,1 мг/кг), что также говорит о его высокой способности к накоплению железа. *Bromus inermis* содержит минимальные значения (92,4 мг/кг), что может быть связано с особенностями его метаболизма.

*Bromus inermis* демонстрирует максимальное накопление никеля (11,6 мг/кг), что возможно связано с высокой доступностью этого элемента в почве. *Rumex confertus* (4,8 мг/кг) и *Trifolium pratense* (5 мг/кг) показывают сопоставимые результаты, что подтверждает их ограниченную способность к накоплению никеля.

Самое низкое содержание кобальта отмечено у *Trifolium pratense* (1,28 мг/кг), в то время как *Artemisia annua* накопило 1,68 мг/кг. *Rumex confertus* и *Bromus inermis* показывают схожие значения (1,4 и 1,58 мг/кг соответственно).

Максимальное содержание марганца характерно для *Bromus inermis* (84,05 мг/кг). Это подчеркивает адаптивные способности растения к усвоению марганца. *Trifolium pratense* и *Rumex confertus* показывают значения 87 мг/кг и 90 мг/кг соответственно, что подтверждает их значимость как индикаторов марганца в почве.

Концентрация хрома в *Bromus inermis* (11,2 мг/кг) выше, чем в остальных растениях. *Artemisia annua* (3 мг/кг) показывает минимальное значение, что свидетельствует о её низкой способности к накоплению этого элемента.

На основе полученных данных можно выделить следующие особенности по межвидовой вариации, *Trifolium pratense* имеет тенденцию к накоплению железа и свинца, что подтверждает его значимость как индикатора загрязнения. *Rumex confertus* демонстрирует высокие уровни марганца и железа, что также делает его перспективным для мониторинга. *Artemisia annua* демонстрирует способность к накоплению меди и цинка, что может быть связано с устойчивостью к тяжелым металлам.

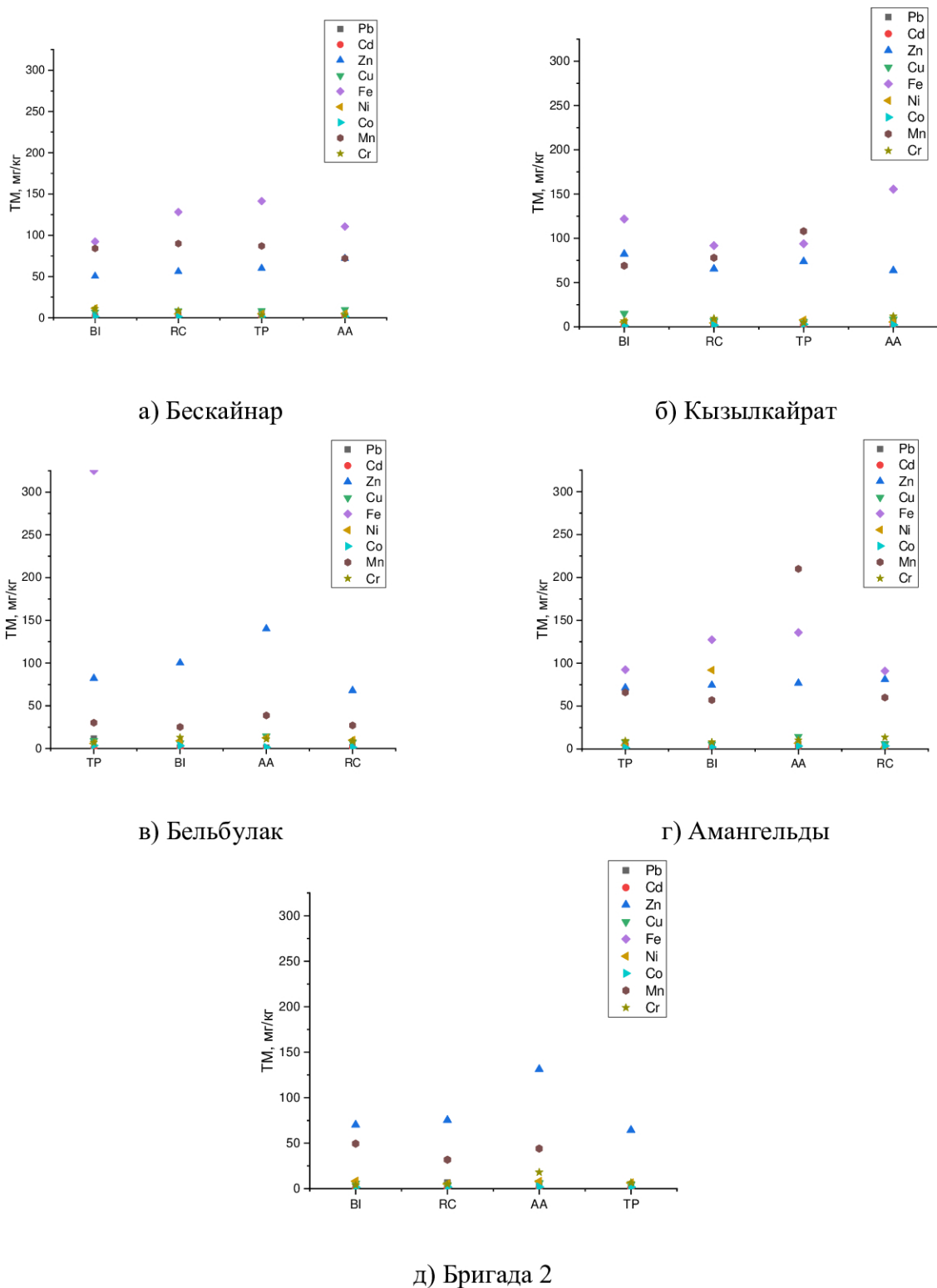


Рисунок 19 – Содержание остаточных количеств тяжелых металлов в мониторинговых точках

По специфичности биоаккумуляции, *Bromus inermis* выделяется по содержанию кадмия и никеля, что подчёркивает его адаптацию к определённым условиям среды.

Согласно концентрациям тяжелых металлов в растениях, отобранных в мониторинговой точке Кызылкайрат (рисунок 19б, таблица 7), наибольшее

содержание свинца зафиксировано у *Artemisia annua* (6,12 мг/кг), что указывает на его высокую способность к накоплению этого элемента. *Trifolium pratense* и *Rumex confertus* демонстрируют сходные уровни (5,56 и 6,04 мг/кг соответственно), что свидетельствует о сходной биохимической адаптации. У *Bromus inermis* минимальный показатель (3,2 мг/кг), что может быть связано с более низкой доступностью Pb в почве для этого растения.

*Artemisia annua* также характеризуется максимальным уровнем кадмия (1,96 мг/кг). *Trifolium pratense* и *Rumex confertus* показывают умеренные значения (1,64 и 1,92 мг/кг соответственно). У *Bromus inermis* минимальное содержание кадмия (1,24 мг/кг), что связано с его меньшей склонностью к биоаккумуляции этого элемента.

Максимальная концентрация цинка наблюдается у *Bromus inermis* (82,2 мг/кг), что подтверждает его значительный потенциал для накопления данного металла. *Trifolium pratense* (73,82 мг/кг) и *Artemisia annua* (63,6 мг/кг) имеют меньшие уровни, что свидетельствует о видовых различиях в метаболизме. *Rumex confertus* демонстрирует самое низкое содержание Zn (65,4 мг/кг).

У *Bromus inermis* максимальное содержание меди (15 мг/кг), что объясняется высокой биодоступностью меди в почве. *Artemisia annua* и *Rumex confertus* показывают схожие уровни (8,5 и 6,61 мг/кг соответственно), в то время как у *Trifolium pratense* минимальная концентрация (5,9 мг/кг).

Наиболее значительное содержание железа отмечено у *Artemisia annua* (155,42 мг/кг). *Trifolium pratense* и *Rumex confertus* имеют схожие уровни (93,81 и 91,7 мг/кг соответственно). *Bromus inermis* демонстрирует промежуточное значение (121,82 мг/кг).

Максимальная концентрация никеля отмечена у *Trifolium pratense* (7,6 мг/кг). *Artemisia annua* и *Bromus inermis* имеют одинаковые значения (5,4 мг/кг), что свидетельствует об их схожем метаболическом пути. *Rumex confertus* демонстрирует минимальное содержание Ni (4,32 мг/кг).

Наибольшее содержание кобальта обнаружено у *Trifolium pratense* (2,8 мг/кг). *Artemisia annua* занимает второе место (2,2 мг/кг), в то время как у *Bromus inermis* и *Rumex confertus* показатели значительно ниже (1,32 и 1,84 мг/кг соответственно).

*Artemisia annua* обладает наибольшим содержанием марганца (300 мг/кг), что значительно превышает показатели других растений. *Trifolium pratense* и *Rumex confertus* демонстрируют средние значения (108 и 78 мг/кг соответственно). *Bromus inermis* имеет минимальное содержание Mn (69 мг/кг).

*Artemisia annua* также лидирует по содержанию хрома (12 мг/кг), что связано с её способностью накапливать этот металл. У *Bromus inermis* и *Rumex confertus* зафиксированы умеренные уровни (6,44 и 9,6 мг/кг соответственно). *Trifolium pratense* демонстрирует минимальное содержание Cr (4,8 мг/кг).

*Artemisia annua* демонстрирует наивысшие уровни содержания большинства металлов, что подчёркивает её роль, как наилучшего аккумулянта тяжелых металлов.

*Bromus inermis* отличается высоким содержанием цинка и меди, что указывает на его устойчивость к этим элементам. *Trifolium pratense* выделяется

как индикатор никеля и кобальта, тогда как *Rumex confertus* характеризуется умеренными уровнями всех элементов, за исключением марганца.

Анализ по мониторинговой точке Кызылкайрат показал значительные различия в содержании тяжелых металлов между растениями. *Artemisia annua* демонстрирует высокую способность к накоплению большинства элементов, что делает её перспективной для мониторинга загрязнения. *Bromus inermis* и *Trifolium pratense* могут использоваться для оценки уровня отдельных металлов.

Анализ содержания тяжелых металлов в растениях, собранных в районе Бельбулак (рисунок 19в, таблица 7), продемонстрировал значительные различия в концентрациях элементов среди 4-х объектов исследования (рисунок 26). Эти различия связаны с адаптационными механизмами растений и химическими особенностями почвы.

Наибольшее содержание свинца (Pb) обнаружено в образце *Trifolium pratense* ( $11,82 \pm 0,24$  мг/кг), тогда как минимальное — в растении *Artemisia annua* ( $1,19 \pm 0,11$  мг/кг). Это подчеркивает различия в способности к накоплению токсичных элементов между растениями. Концентрация кадмия (Cd) варьировала от  $0,42 \pm 0,05$  мг/кг в растении *Bromus inermis* до  $0,90 \pm 0,10$  мг/кг в образце *Rumex confertus*, что указывает на сравнительно низкий уровень кадмия во всех образцах.

Цинк (Zn) достиг наибольшей концентрации в отобранной пробе *Artemisia annua* ( $140,10 \pm 16,50$  мг/кг), что может свидетельствовать о ее способности к значительному накоплению данного элемента. Минимальное содержание цинка зафиксировано в образце *Rumex confertus* ( $67,90 \pm 8,46$  мг/кг).

Медь (Cu) показала наибольшую концентрацию в растении *Artemisia annua* ( $14,58 \pm 1,86$  мг/кг) и минимальную в образце *Bromus inermis* ( $6,48 \pm 0,72$  мг/кг). Эти данные подчеркивают перспективность растения *Artemisia annua* для использования в программах фиторемедиации.

Железо (Fe) продемонстрировало значительный диапазон концентраций, достигая максимума в образце *Rumex confertus* ( $1125,00 \pm 105,60$  мг/кг) и минимума в растении *Trifolium pratense* ( $325,20 \pm 30,60$  мг/кг). Это подтверждает высокую способность *Rumex confertus* концентрировать железо в тканях.

Никель (Ni) варьировал от  $5,98 \pm 0,63$  мг/кг в образце *Trifolium pratense* до  $12,48 \pm 1,63$  мг/кг в *Artemisia annua*. Кобальт (\*Co\*) показал максимальные значения в пробе *Trifolium pratense* ( $3,60 \pm 0,39$  мг/кг), а минимальные — в растении *Rumex confertus* ( $1,35 \pm 0,15$  мг/кг).

Марганец (Mn) достиг наибольшей концентрации в образце *Artemisia annua* ( $38,70 \pm 4,60$  мг/кг), минимальная концентрация была зафиксирована в растении *Bromus inermis* ( $25,20 \pm 2,84$  мг/кг). Хром (Cr) имел вариацию от  $7,00 \pm 0,80$  мг/кг в образце *Trifolium pratense* до  $13,00 \pm 0,16$  мг/кг в отобранной пробе *Bromus inermis*.

Данные исследования подчеркивают высокую степень загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами, отраженную в их накоплении растениями. *Artemisia annua* и *Rumex confertus* демонстрируют высокую способность к биоаккумуляции железа, цинка и меди, что делает их перспективными видами для фиторемедиации. Однако содержание свинца и

других токсичных элементов в некоторых растениях указывает на необходимость экологической рекультивации загрязненных территорий.

По мониторинговой точке Амангельды (рисунок 19г, таблица 7), наибольшее содержание свинца обнаружено у *Artemisia annua* (5,82 мг/кг), что делает его наиболее подверженным накоплению этого элемента. *Rumex confertus* (5,6 мг/кг) занимает второе место, демонстрируя высокую способность к биоаккумуляции свинца. *Trifolium pratense* (4 мг/кг) и *Bromus inermis* (3,62 мг/кг) показывают более низкие значения, что может быть связано с особенностями почвенного поглощения.

*Trifolium pratense* имеет наивысший уровень кадмия (4,84 мг/кг), значительно превосходя другие виды. *Artemisia annua* (2,8 мг/кг) и *Rumex confertus* (2,12 мг/кг) показывают средние значения, в то время как *Bromus inermis* характеризуется минимальным уровнем (1,62 мг/кг), что может быть связано с его физиологическими особенностями.

Максимальная концентрация цинка наблюдается у *Rumex confertus* (81,05 мг/кг), что указывает на его способность к интенсивному накоплению этого металла. *Artemisia annua* (76,8 мг/кг) и *Bromus inermis* (74,4 мг/кг) имеют схожие значения, тогда как *Trifolium pratense* (71,42 мг/кг) демонстрирует минимальное накопление.

*Artemisia annua* характеризуется самым высоким содержанием меди (14,62 мг/кг), что объясняется её адаптивными механизмами. *Trifolium pratense* (8,3 мг/кг) показывает умеренный уровень, а у *Bromus inermis* (5,61 мг/кг) и *Rumex confertus* (6,05 мг/кг) содержание меди значительно ниже.

Наибольшее содержание железа обнаружено у *Artemisia annua* (135,82 мг/кг), что подтверждает её способность к накоплению этого элемента. *Bromus inermis* (127,41 мг/кг) и *Trifolium pratense* (92,43 мг/кг) демонстрируют более низкие значения. *Rumex confertus* (91 мг/кг) имеет минимальное содержание железа среди исследуемых растений.

Максимальная концентрация никеля обнаружена у *Bromus inermis* (92 мг/кг), что значительно превышает значения у других растений. *Artemisia annua* (6,8 мг/кг) и *Trifolium pratense* (4,4 мг/кг) показывают средние результаты, а *Rumex confertus* (1,6 мг/кг) имеет минимальное содержание.

*Rumex confertus* демонстрирует наибольшее содержание кобальта (3,6 мг/кг), а *Artemisia annua* (3,4 мг/кг) занимает второе место. *Trifolium pratense* (1,6 мг/кг) и *Bromus inermis* (2,2 мг/кг) имеют относительно низкие значения.

*Artemisia annua* характеризуется максимальным содержанием марганца (210 мг/кг), что значительно превосходит показатели у других растений. *Trifolium pratense* (66 мг/кг) и *Rumex confertus* (60 мг/кг) показывают схожие значения, тогда как *Bromus inermis* (57 мг/кг) имеет минимальный уровень.

Наибольшее содержание хрома зарегистрировано у *Rumex confertus* (13,6 мг/кг), а *Artemisia annua* (10,4 мг/кг) демонстрирует среднее значение. *Trifolium pratense* (9,54 мг/кг) и *Bromus inermis* (8,2 мг/кг) имеют минимальные показатели.

По данным точки Амангельды *Artemisia annua* демонстрирует наибольшую способность к накоплению большинства тяжелых металлов, включая свинец, медь, железо и марганец, что делает её пригодной для

мониторинга загрязнения. *Rumex confertus* выделяется высоким содержанием цинка, кобальта и хрома, что подчёркивает его способность к биоаккумуляции специфических элементов.

Анализ содержания тяжелых металлов в растениях, собранных в районе Бригада 2 (рисунок 19д, таблица 7), выявил различия в концентрациях элементов среди изученных видов растений. Эти различия отражают биоаккумуляционные способности растений и их адаптацию к загрязненным условиям.

Содержание свинца (Pb) варьировало в пределах от  $1,38 \pm 0,15$  мг/кг в образце *Bromus inermis* до  $6,44 \pm 0,75$  мг/кг у растения *Rumex confertus*, что подчеркивает способность последнего к накоплению свинца. Кадмий (Cd) показал минимальные значения в образце *Trifolium pratense* ( $0,47 \pm 0,05$  мг/кг) и максимальные в растении *Artemisia annua* ( $0,62 \pm 0,06$  мг/кг).

Цинк (Zn) достиг максимальной концентрации в отобранном образце *Artemisia annua* ( $131,24 \pm 15,62$  мг/кг), что значительно выше, чем в других видах, таких как *Trifolium pratense* ( $64,32 \pm 7,54$  мг/кг). Медь (Cu) варьировала в пределах от  $3,78 \pm 0,42$  мг/кг у *Rumex confertus* до  $6,30 \pm 0,75$  мг/кг у *Artemisia annua*, что может быть связано с физиологическими особенностями растений.

Железо (Fe) продемонстрировало значительный диапазон концентраций, от  $575,30 \pm 51,15$  мг/кг в образце *Bromus inermis* до  $1100,00 \pm 84,00$  мг/кг у *Artemisia annua*, что свидетельствует о высокой способности последнего накапливать этот элемент. Никель (Ni) варьировал от  $5,20 \pm 0,68$  мг/кг в *Rumex confertus* до  $8,32 \pm 0,94$  мг/кг у *Bromus inermis*.

Кобальт (Co) показал максимальные значения в образце *Artemisia annua* ( $1,95 \pm 0,25$  мг/кг), минимальные — в *Bromus inermis* ( $1,50 \pm 0,17$  мг/кг). Марганец (Mn) варьировал от  $31,85 \pm 3,67$  мг/кг у растения *Rumex confertus* до  $49,50 \pm 5,44$  мг/кг у *Bromus inermis*, за исключением аномального значения в растении *Trifolium pratense* ( $3600 \pm 4,08$  мг/кг), что может быть связано с локальными почвенными аномалиями.

Хром (Cr) варьировался от  $4,00 \pm 0,50$  мг/кг отобранной пробе *Bromus inermis* до  $18,00 \pm 2,15$  мг/кг в образце *Artemisia annua*, что подчеркивает высокую концентрацию в этом растении.

Результаты анализа подчеркивают высокую способность *Artemisia annua* и *Rumex confertus* к накоплению тяжелых металлов, что делает их перспективными для фиторемедиации. Однако необычно высокое содержание марганца в *Trifolium pratense* требует дальнейшего изучения. Для восстановления загрязненных территорий необходимо учитывать специфические особенности растений и их биоаккумуляционные свойства.

В данном анализе в образцах растений, отобранных в контрольной точке Таукаратурык (рисунок 20а, таблица 7), наибольшее содержание свинца зафиксировано у *Trifolium pratense* (7 мг/кг), что подтверждает высокую способность этого вида к аккумуляции свинца из окружающей среды. *Artemisia annua* (5,62 мг/кг) занимает второе место, что связано с её способностью к накоплению тяжелых металлов. У *Rumex confertus* и *Bromus inermis* показатели значительно ниже (3 и 2,2 мг/кг соответственно), что может быть связано с биохимическими особенностями данных растений.

Таблица 7 – Содержание тяжелых металлов в образцах растений, отобранных с территории Алматинской области за 2018–2020 гг.

Пункт	Вид растения	Контролируемые вещества, мг/кг								
		Pb	Cd	Zn	Cu	Fe	Ni	Co	Mn	Cr
БК	<i>Bromus inermis</i>	2,05 ± 0,15	2,00 ± 0,18	50,42 ± 4,16	7,00 ± 0,68	92,40 ± 8,94	11,60 ± 10,30	1,58 ± 0,14	84,05 ± 7,15	11,20 ± 1,08
	<i>Rumex confertus</i>	4,00 ± 0,34	1,90 ± 0,18	56,00 ± 5,20	8,50 ± 0,72	128,10 ± 13,20	4,80 ± 0,52	1,40 ± 0,12	90,00 ± 9,44	8,80 ± 0,76
	<i>Trifolium pratense</i>	6,52 ± 0,56	1,05 ± 0,09	60,00 ± 5,64	8,62 ± 0,80	141,40 ± 13,86	5,00 ± 0,44	1,28 ± 0,11	87,00 ± 8,20	3,20 ± 0,27
	<i>Artemisia annua</i>	3,15 ± 0,28	1,62 ± 0,15	72,05 ± 6,92	9,91 ± 0,92	110,60 ± 10,38	5,20 ± 0,48	1,68 ± 0,15	72,00 ± 6,36	3,00 ± 0,25
КК	<i>Bromus inermis</i>	3,20 ± 0,25	1,24 ± 0,12	82,20 ± 7,50	15,00 ± 1,64	121,82 ± 12,63	5,40 ± 0,52	1,32 ± 0,12	69,00 ± 7,50	6,44 ± 0,60
	<i>Rumex confertus</i>	6,04 ± 0,55	1,92 ± 0,18	65,40 ± 6,15	6,61 ± 0,68	91,70 ± 9,67	4,32 ± 0,26	1,84 ± 0,17	78,00 ± 7,00	9,60 ± 0,72
	<i>Trifolium pratense</i>	5,56 ± 0,46	1,64 ± 0,14	73,82 ± 6,75	5,90 ± 0,51	93,81 ± 9,00	7,60 ± 0,65	2,80 ± 0,27	108,00 ± 9,43	4,80 ± 0,42
	<i>Artemisia annua</i>	6,12 ± 5,64	1,96 ± 0,17	63,60 ± 5,84	8,50 ± 0,80	155,42 ± 16,20	5,40 ± 0,52	2,20 ± 0,22	300,00 ± 24,00	12,00 ± 1,10
ТК	<i>Bromus inermis</i>	2,20 ± 0,18	1,40 ± 0,12	49,20 ± 5,32	6,42 ± 0,58	158,20 ± 16,22	14,80 ± 1,24	0,80 ± 0,07	162,00 ± 15,34	6,40 ± 0,62
	<i>Rumex confertus</i>	3,00 ± 0,25	0,80 ± 0,07	61,20 ± 5,60	5,60 ± 0,50	420,00 ± 30,60	11,20 ± 1,03	2,60 ± 0,22	150,00 ± 14,25	4,00 ± 0,35
	<i>Artemisia annua</i>	5,62 ± 0,44	1,60 ± 0,14	68,40 ± 6,45	10,00 ± 1,22	434,10 ± 36,43	7,60 ± 0,64	5,80 ± 0,50	312,00 ± 26,15	12,80 ± 1,30
	<i>Trifolium pratense</i>	7,00 ± 0,58	1,85 ± 0,16	88,20 ± 7,60	13,21 ± 1,30	114,80 ± 12,50	5,60 ± 0,50	1,20 ± 0,10	108,00 ± 10,62	6,42 ± 0,58
АГ	<i>Trifolium pratense</i>	4,00 ± 0,36	1,84 ± 0,16	71,42 ± 6,60	8,30 ± 0,78	92,43 ± 9,45	4,40 ± 0,32	1,60 ± 0,15	66,00 ± 6,12	9,54 ± 0,85
	<i>Bromus inermis</i>	3,62 ± 0,31	1,62 ± 0,14	74,40 ± 6,70	5,61 ± 0,52	127,41 ± 13,62	9,20 ± 8,45	2,20 ± 0,20	57,00 ± 5,60	8,20 ± 0,76
	<i>Artemisia annua</i>	5,82 ± 0,50	2,80 ± 0,21	76,80 ± 7,16	14,62 ± 1,50	135,82 ± 12,70	6,80 ± 0,64	3,40 ± 0,30	210,00 ± 18,00	10,40 ± 0,88

Продолжение таблицы 7

	<i>Rumex confertus</i>	5,60 ± 0,48	2,12 ± 0,20	81,05 ± 7,64	6,00 ± 0,62	91,00 ± 8,24	1,60 ± 0,14	3,60 ± 0,32	60,00 ± 5,20	13,60 ± 1,12
ББ	<i>Trifolium pratense</i>	11,82 ± 0,24	0,53 ± 0,06	82,18 ± 7,48	9,18 ± 1,04	325,20 ± 30,60	5,98 ± 0,63	3,60 ± 0,39	30,15 ± 3,20	7,00 ± 0,80
	<i>Bromus inermis</i>	1,47 ± 0,16	0,42 ± 0,05	100,22 ± 12,35	6,48 ± 0,72	737,50 ± 80,30	9,10 ± 0,96	3,30 ± 0,38	25,20 ± 2,84	13,00 ± 0,16
	<i>Artemisia annua</i>	1,19 ± 0,11	0,66 ± 0,07	140,10 ± 16,50	14,58 ± 1,86	987,5 ± 90,10	12,48 ± 1,63	1,50 ± 0,16	38,70 ± 4,60	11,00 ± 0,14
	<i>Rumex confertus</i>	1,65 ± 0,18	0,90 ± 0,10	67,90 ± 8,46	7,20 ± 0,92	1125,00 ± 105,60	9,88 ± 1,08	1,35 ± 0,15	27,00 ± 3,15	9,00 ± 0,80
БШ 2019	<i>Trifolium pratense</i>	1,02 ± 0,13	0,57 ± 0,06	72,64 ± 8,96	5,22 ± 0,54	875,50 ± 90,20	5,59 ± 0,71	3,00 ± 0,38	40,50 ± 4,25	13,00 ± 1,45
	<i>Bromus inermis</i>	1,84 ± 0,20	0,36 ± 0,05	66,18 ± 6,24	6,30 ± 0,62	1225,0 ± 110,0	11,44 ± 1,56	1,20 ± 0,14	67,50 ± 7,20	10,00 ± 1,35
	<i>Artemisia annua</i>	1,10 ± 0,10	0,62 ± 0,07	58,34 ± 7,06	7,02 ± 0,85	475,40 ± 50,30	3,90 ± 0,42	1,50 ± 0,18	57,60 ± 6,40	6,00 ± 0,70
	<i>Rumex confertus</i>	3,22 ± 0,42	0,51 ± 0,06	112,14 ± 15,26	8,82 ± 0,98	125,10 ± 14,50	3,38 ± 0,35	3,15 ± 0,40	19,35 ± 2,10	5,00 ± 0,65
Бриг ада 2	<i>Bromus inermis</i>	1,38 ± 0,15	0,54 ± 0,06	70,15 ± 8,56	5,76 ± 0,64	575,30 ± 51,15	8,32 ± 0,94	1,50 ± 0,17	49,50 ± 5,44	4,00 ± 0,50
	<i>Rumex confertus</i>	6,44 ± 0,75	0,60 ± 0,07	75,34 ± 9,43	3,78 ± 0,42	725,16 ± 64,25	5,20 ± 0,68	1,80 ± 0,22	31,85 ± 3,67	5,00 ± 0,62
	<i>Artemisia annua</i>	5,52 ± 0,68	0,62 ± 0,06	131,24 ± 15,62	6,30 ± 0,75	1100,00 ± 84,00	8,06 ± 0,86	1,95 ± 0,25	44,10 ± 4,90	18,00 ± 2,15
	<i>Trifolium pratense</i>	2,30 ± 0,33	0,47 ± 0,05	64,32 ± 7,54	4,60 ± 0,58	640,20 ± 70,10	6,38 ± 0,81	1,75 ± 0,19	3600 ± 4,08	6,50 ± 0,75
К БШ 2020	<i>Bromus inermis</i>	5,00 ± 0,49	0,56 ± 0,06	55,46 ± 5,44	8,00 ± 0,76	1109,20 ± 94,50	22,50 ± 2,30	2,64 ± 0,24	212,80 ± 20,62	18,20 ± 1,75
	<i>Rumex confertus</i>	6,00 ± 0,56	0,88 ± 0,09	88,50 ± 7,92	10,88 ± 1,12	107,20 ± 9,86	26,00 ± 2,15	2,86 ± 0,30	33,60 ± 3,05	23,40 ± 2,25
	<i>Artemisia annua</i>	4,00 ± 0,44	0,52 ± 0,05	42,48 ± 3,98	6,80 ± 0,64	389,40 ± 36,43	32,00 ± 3,25	2,42 ± 0,21	117,60 ± 10,92	44,20 ± 4,20
	<i>Trifolium pratense</i>	3,00 ± 0,28	0,24 ± 0,03	64,90 ± 6,35	5,92 ± 0,55	224,20 ± 20,60	17,20 ± 1,68	1,32 ± 0,11	67,20 ± 6,48	22,10 ± 2,05



Максимальная концентрация кадмия обнаружена у *Trifolium pratense* (1,85 мг/кг), за ним следует *Artemisia annua* (1,6 мг/кг). *Bromus inermis* и *Rumex confertus* демонстрируют более низкие значения (1,4 и 0,8 мг/кг соответственно), что указывает на их меньшую склонность к биоаккумуляции кадмия.

*Trifolium pratense* имеет наивысшее содержание цинка (88,2 мг/кг), что делает его индикатором загрязнения данным элементом. *Artemisia annua* (68,4 мг/кг) и *Rumex confertus* (61,2 мг/кг) показывают сопоставимые значения, а у *Bromus inermis* содержание цинка значительно ниже (49,2 мг/кг).

Наибольшая концентрация меди отмечена у *Trifolium pratense* (13,21 мг/кг), что отражает её высокую способность к накоплению этого металла. *Artemisia annua* (10 мг/кг) занимает второе место, а у *Bromus inermis* и *Rumex confertus* содержание меди значительно ниже (6,42 и 5,6 мг/кг соответственно).

*Artemisia annua* демонстрирует наибольшее содержание железа (434,1 мг/кг), что связано с её способностью эффективно усваивать этот элемент из почвы. *Rumex confertus* занимает второе место (420 мг/кг), за ним следует *Bromus inermis* (158,2 мг/кг), а *Trifolium pratense* имеет самое низкое значение (114,8 мг/кг).

Максимальная концентрация никеля зарегистрирована у *Bromus inermis* (14,8 мг/кг), что указывает на его высокую устойчивость к этому металлу. *Artemisia annua* (7,6 мг/кг) и *Rumex confertus* (11,2 мг/кг) демонстрируют умеренные уровни, тогда как *Trifolium pratense* имеет минимальное содержание никеля (5,6 мг/кг).

Наибольшее содержание кобальта наблюдается у *Artemisia annua* (5,8 мг/кг), что объясняется её высокой адаптивностью к загрязнению. *Rumex confertus* (2,6 мг/кг) и *Trifolium pratense* (1,2 мг/кг) имеют средние значения, а *Bromus inermis* демонстрирует минимальный уровень (0,8 мг/кг).

*Artemisia annua* характеризуется самым высоким содержанием марганца (312 мг/кг), что подтверждает её способность к интенсивному усвоению марганца. *Bromus inermis* (162 мг/кг) и *Rumex confertus* (150 мг/кг) занимают промежуточные позиции, а *Trifolium pratense* демонстрирует минимальное содержание марганца (108 мг/кг).

*Artemisia annua* вновь демонстрирует максимальное содержание элемента (12,8 мг/кг). *Bromus inermis* и *Trifolium pratense* имеют практически идентичные значения (6,4 мг/кг), а у *Rumex confertus* содержание хрома самое низкое (4 мг/кг).

В рисунке 20 представлен результаты многомерного статистического анализа, метода главных компонент (РСА) пяти мониторинговых точек (Бескайнар, Кызылкайрат, Бельбулак, Амангельды и Бригада-2). Диаграммы демонстрируют распределение исследуемых параметров в многомерном пространстве, где оси представляют главные компоненты, а векторы указывают на вклад отдельных факторов в формирование структуры данных. Каждая исследуемая точка обладает индивидуальной характеристикой, выражающимися в неоднородности распределения переменных и различиях в направлении и длине факторных векторов. В некоторых точках наблюдается равномерное

распределение точек вокруг центра координат, тогда как в других доминируют несколько осей, что свидетельствует о преобладании определённых факторов.

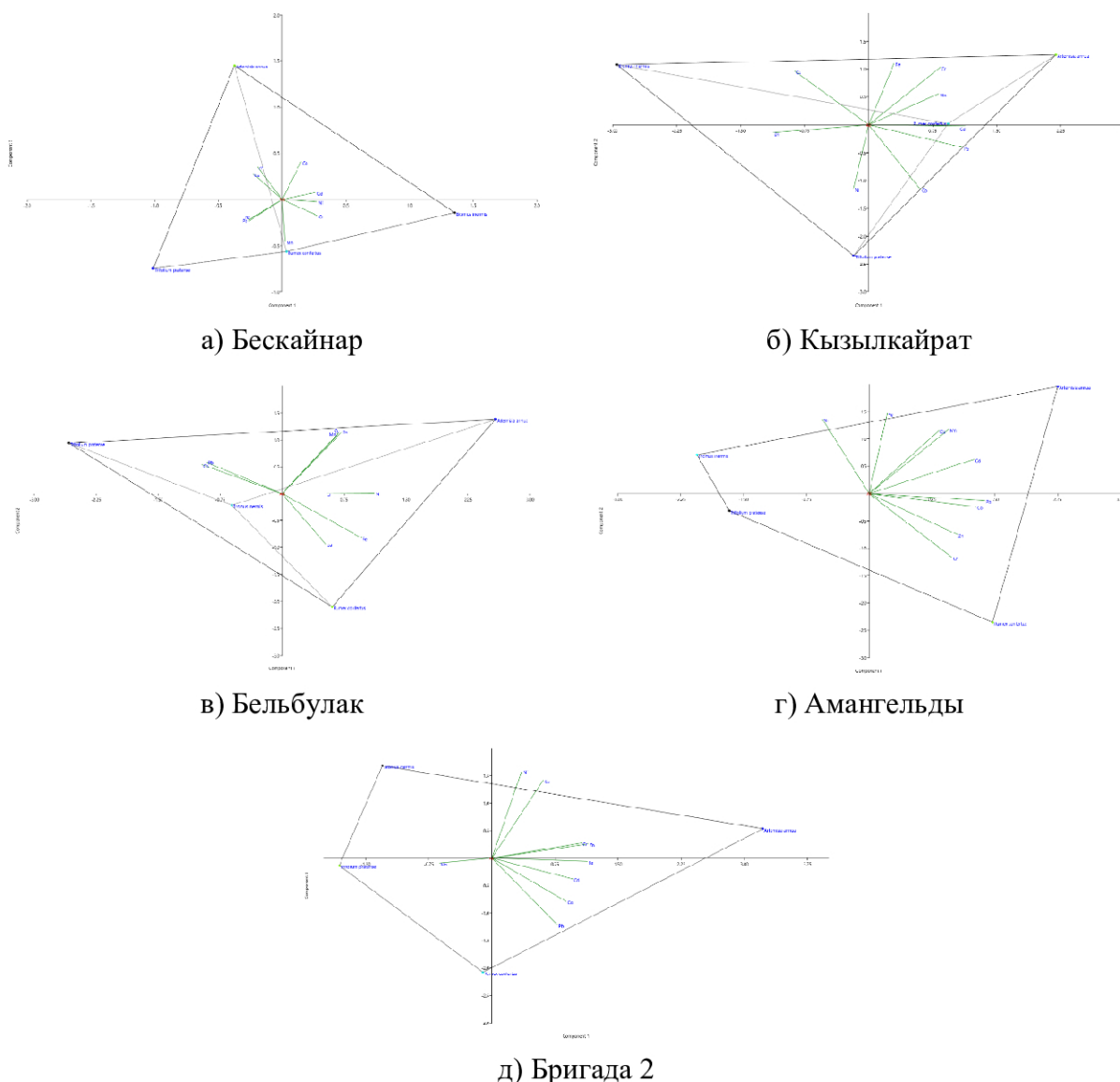


Рисунок 20 – Анализ главных компонент (РСА) накопления тяжелых металлов в растениях мониторинговых точек

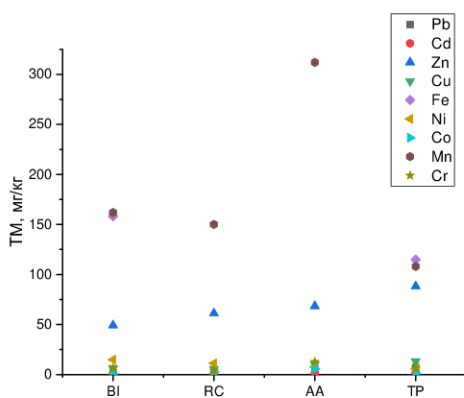
По точке Таукаратурык, *Artemisia annua* показывает наибольшую способность к накоплению большинства тяжелых металлов, что делает её перспективным объектом для фитостабилизации загрязнённых территорий. *Trifolium pratense* выделяется по содержанию свинца, кадмия, меди и цинка, что подтверждает его значимость в мониторинге данных элементов. *Bromus inermis* показывает высокую устойчивость к никелю и значительное содержание марганца, что подчёркивает его уникальные адаптивные свойства.

Анализ содержания тяжелых металлов в растениях, собранных в районе Басши за 2019 год (рисунок 20б, таблица 7), выявил значительные вариации в накоплении элементов среди доминантных и кормовых видов растений (*Trifolium pratense*, *Bromus inermis*, *Artemisia annua*, *Rumex confertus*). Эти

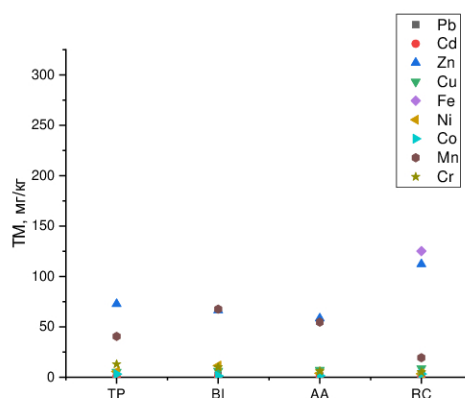
различия обусловлены физиологическими особенностями растений и химическим составом почвы.

Содержание свинца (Pb) варьировало от  $1,02 \pm 0,13$  мг/кг у в образце *Trifolium pratense* до  $3,22 \pm 0,42$  мг/кг у растения *Rumex confertus*. Максимальная концентрация свинца в отобранной пробе *Rumex confertus* указывает на его способность аккумулировать этот токсичный элемент. Концентрация кадмия (Cd) минимальна в образце *Bromus inermis* ( $0,36 \pm 0,05$  мг/кг) и максимальна в растении *Artemisia annua* ( $0,62 \pm 0,07$  мг/кг), что свидетельствует о сравнительно низкой биодоступности кадмия в исследуемых образцах.

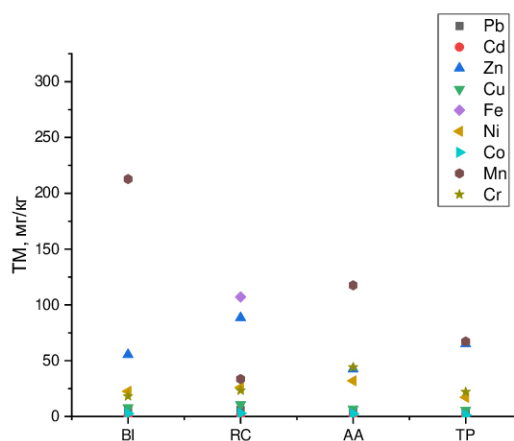
Цинк (Zn) продемонстрировал наибольшее содержание в образце *Rumex confertus* ( $112,14 \pm 15,26$  мг/кг), что значительно превышает концентрации в растении *Artemisia annua* ( $58,34 \pm 7,06$  мг/кг). Медь (Cu) показала максимальные значения в образце *Rumex confertus* ( $8,82 \pm 0,98$  мг/кг), а минимальные — в растении *Trifolium pratense* ( $5,22 \pm 0,54$  мг/кг).



а) Таукаратурык



б) Басши (2019 г.)



д) Басши (2020 г.)

Рисунок 21 – Содержание остаточных количеств тяжелых металлов в мониторинговых точках

Железо (Fe) показало наиболее значительное накопление в образце *Bromus inermis* ( $1225,0 \pm 110,0$  мг/кг), тогда как минимальное содержание

зафиксировано в растении *Artemisia annua* ( $475,40 \pm 50,30$  мг/кг). Эти данные подчеркивают высокую способность у *Bromus inermis* концентрировать железо.

Никель (Ni) достиг максимальной концентрации в отобранном образце *Bromus inermis* ( $11,44 \pm 1,56$  мг/кг), а минимальной в растении *Artemisia annua* ( $3,90 \pm 0,42$  мг/кг). Кобальт (Co) варьировал в пределах от  $1,20 \pm 0,14$  мг/кг у *Bromus inermis* до  $3,15 \pm 0,40$  мг/кг у *Rumex confertus*.

Марганец (Mn) продемонстрировал высокое содержание в образце *Bromus inermis* ( $67,50 \pm 7,20$  мг/кг), минимальное — в растении *Rumex confertus* ( $19,35 \pm 2,10$  мг/кг). Хром (Cr) показал максимальное значение у *Trifolium pratense* ( $13,00 \pm 1,45$  мг/кг) и минимальное в *Rumex confertus* ( $5,00 \pm 0,65$  мг/кг).

Полученные данные подчеркивают различия в способности растений к биоаккумуляции тяжелых металлов. *Rumex confertus* демонстрирует высокую способность накапливать цинк и медь, а *Bromus inermis* выделяется в отношении железа и никеля. Эти растения могут быть использованы в программах фиторемедиации, однако высокое содержание свинца и хрома требует строгого контроля загрязнений, чтобы предотвратить их попадание в пищевые цепи.

Анализ содержания тяжелых металлов в растениях, собранных в районе Басши (контроль) за 2020 год (рисунок 20в, таблица 7), выявил варьирующие концентрации элементов среди изученных доминантных и кормовых видов растений (*Bromus inermis*, *Rumex confertus*, *Artemisia annua*, *Trifolium pratense*). Результаты подчеркивают влияние локальных почвенных условий и биоаккумуляционные способности растений.

Свинец (Pb) достиг максимального уровня в образце *Rumex confertus* ( $6,00 \pm 0,56$  мг/кг) и минимального в растении *Trifolium pratense* ( $3,00 \pm 0,28$  мг/кг), что указывает на различия в способности к аккумуляции этого токсичного металла. Кадмий (Cd) показал низкие значения во всех отобранных образцах растений от  $0,24 \pm 0,03$  мг/кг до  $0,88 \pm 0,09$  мг/кг.

Цинк (Zn) варьировал от  $42,48 \pm 3,98$  мг/кг в растении *Artemisia annua* до  $88,50 \pm 7,92$  мг/кг в образце *Rumex confertus*. Медь (Cu) достигла максимального уровня в образце *Rumex confertus* ( $10,88 \pm 1,12$  мг/кг) и минимального в растении *Trifolium pratense* ( $5,92 \pm 0,55$  мг/кг), что отражает физиологические различия между растениями.

Железо (Fe) показало значительный диапазон: от  $107,20 \pm 9,86$  мг/кг в образце *Rumex confertus* до  $1109,20 \pm 94,50$  мг/кг в растении *Bromus inermis*. Высокая концентрация в образце *Bromus inermis* указывает на ее перспективность для фитостабилизации почв, богатых железом.

Никель (Ni) продемонстрировал максимальную концентрацию в *Artemisia annua* ( $32,00 \pm 3,25$  мг/кг) и минимальную в *Trifolium pratense* ( $17,20 \pm 1,68$  мг/кг). Кобальт (Co) варьировал от  $1,32 \pm 0,11$  мг/кг в образце *Trifolium pratense* до  $2,86 \pm 0,30$  мг/кг в растении *Rumex confertus*.

Марганец (Mn) показал значительные колебания: от  $33,60 \pm 3,05$  мг/кг в образце *Rumex confertus* до  $212,80 \pm 20,62$  мг/кг в растении *Bromus inermis*, что свидетельствует о локальных почвенных аномалиях. Хром (Cr) достиг максимального уровня в образце *Artemisia annua* ( $44,20 \pm 4,20$  мг/кг) и минимального в растении *Bromus inermis* ( $18,20 \pm 1,75$  мг/кг).

Результаты подчеркивают высокую способность растения *Bromus inermis* накапливать железо и марганец, что делает его подходящим для фиторемедиации. Растение *Rumex confertus* отличается высокой аккумуляцией цинка и меди, а образец *Artemisia annua* — никеля и хрома, что свидетельствует о перспективности этих видов для фиторемедиации загрязненных почв. Однако повышенные уровни тяжелых металлов требуют строгого контроля их распространения в окружающей среде.

В рисунке 22 представлены результаты многомерного статистического анализа, метода главных компонент (PCA) трех контрольных точек (Таусугур и Басши (2019, 2020 гг.).

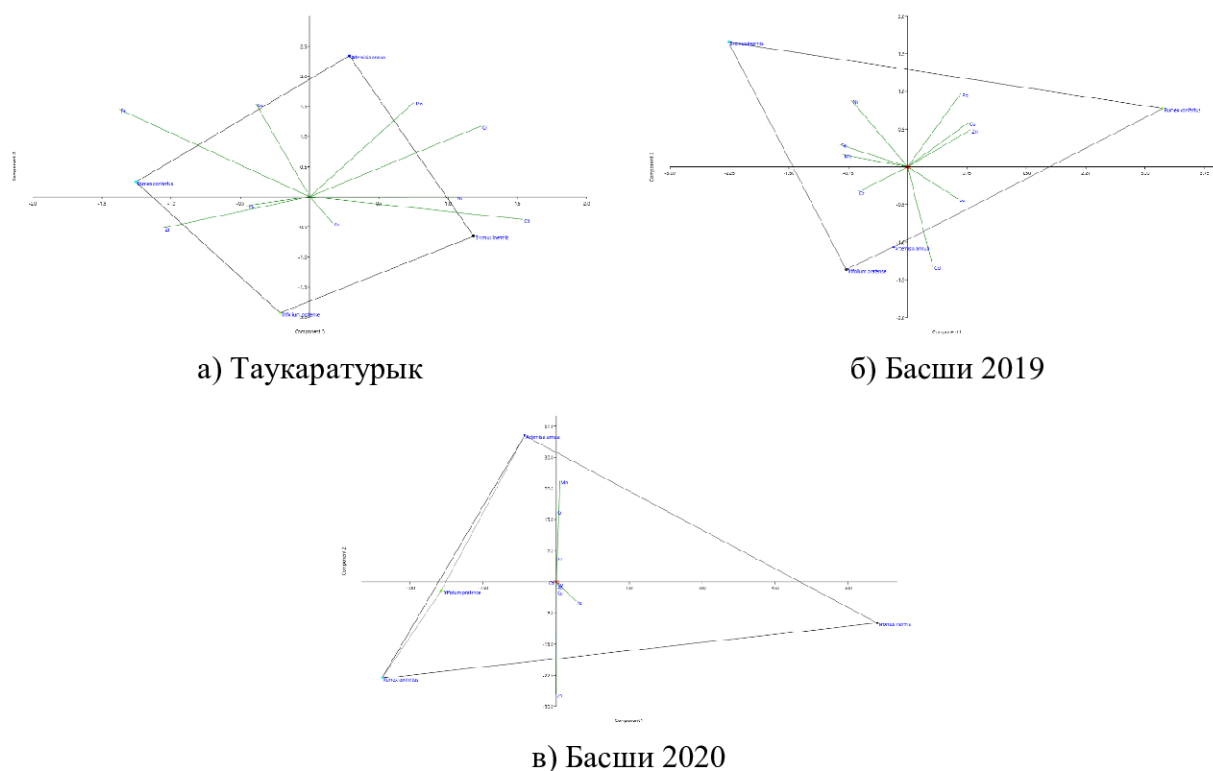


Рисунок 22 – Анализ главных компонент (PCA) накопления тяжелых металлов в растениях контрольных точек

Изученные виды растений мониторинговых и контрольных демонстрируют разную аккумуляцию тяжелых металлов, с четко выраженными группировками, указывающими на специфические паттерны аккумуляции. Некоторые виды растений, такие *Artemisia Annuia* и *Rumex confertus*, показали схожие профили накопления Cu, Fe и Mn, в то время как другие виды, такие как *Bromus inermis* и *Trifolium pratense*, демонстрируют различные стратегии аккумуляции. Металлы, такие как Mn, Cr, и Cd, проявили сильные корреляции, указывая на общие источники загрязнения или биохимические пути накопления в растениях. Этот анализ позволяет лучше понять экологические взаимодействия и факторы, влияющие на накопление тяжелых металлов в растениях, что важно для мониторинга загрязнения и разработки стратегий по снижению его

воздействия. На основе анализа содержания тяжелых металлов в растениях с различных участков можно сделать следующие выводы:

Высокий уровень железа (Fe) наблюдается во всех контрольных точках, особенно в растениях *Bromus inermis* и *Rumex confertus*. Это свидетельствует о высокой способности этих растений к накоплению железа, что делает возможным их использование в фиторемедиации почв, загрязненных железом.

Цинк (Zn) показывает высокие уровни накопления в растениях *Trifolium pratense* и *Artemisia annua* на всех участках, что указывает потенциальную возможность в качестве фиторемедиата. Кадмий (Cd) также показывает высокое значение в *Rumex confertus* и *Bromus inermis*, Марганец (Mn) и Хром (Cr) имеют высокие уровни накопления в *Artemisia annua*, что делает это растение потенциальным индикатором загрязнения почв этими металлами.

Медь (Cu) также показывает значительное накопление в *Trifolium pratense* на большинстве участков.

Эти данные позволяют сделать вывод о том, что изученные виды растений обладают различной способностью к накоплению тяжелых металлов, и могут быть использованы для специфических целей фиторемедиации в зависимости от типа загрязнения почвы.

На основании полученных данных были проведены корреляционные исследования значимости химического содержания растений и видового разнообразия изучаемых территорий. Анализ матрицы корреляций (рисунок 23 1) выявил ряд важных закономерностей.

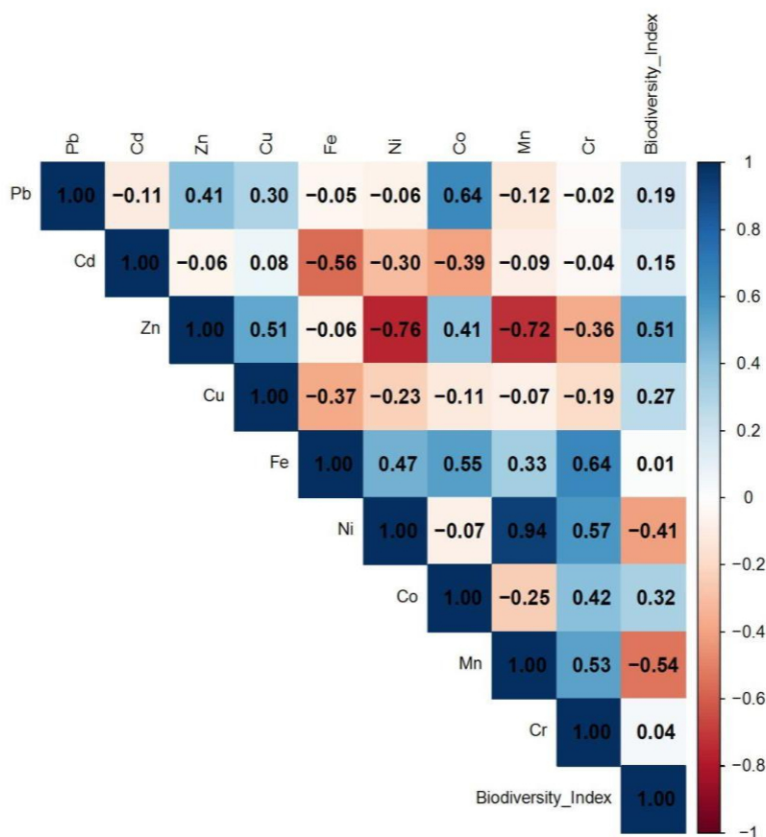


Рисунок 23 – Матрица корреляции между содержанием тяжелых металлов и индексом биоразнообразия

Для более наглядного представления результатов, в таблице 8 представлены численные значения индекса биоразнообразия (Biodiversity Index) и содержания химических элементов в растениях.

Таблица 8 – Значения корреляций между химическим составом растений и биологического разнообразия изучаемых территорий

Result	Индекс Шеннона	Pb	Cd	Zn	Cu	Fe	Ni	Co	Mn	Cr
Индекс Шеннона	1.000000	0.109069	0.420499	0.024656	-0.989894	0.470228	-0.974438	-0.598848	-0.132617	0.440847
Pb	0.109069	1.000000	-0.053935	0.692801	-0.143144	-0.753495	0.022577	-0.529745	-0.140154	0.818869
Cd	0.420499	-0.053935	1.000000	-0.366609	-0.297370	0.008395	-0.266499	-0.116044	0.314455	-0.246906
Zn	0.024656	0.692801	-0.366609	1.000000	-0.060882	-0.332537	-0.031277	0.034571	-0.796012	0.541650
Cu	-0.989894	-0.143144	-0.297370	-0.060882	1.000000	-0.466077	0.979151	0.654085	0.141479	-0.525273

Наибольшая положительная корреляция с индексом биоразнообразия (0.64) наблюдается для железа (Fe), что указывает на его важную роль в поддержании видового разнообразия. Возможно, железо является лимитирующим фактором для роста растений, и его достаточное количество (8.9 усл. ед.) способствует развитию более разнообразного растительного сообщества (Biodiversity Index = 0.93). Никель (Ni) и кобальт (Co) демонстрируют высокую положительную корреляцию друг с другом (0.94), что может свидетельствовать об их совместном поступлении в растения или участии в схожих биологических процессах. Никель (1.5 усл. ед.) также имеет заметную положительную корреляцию (0.57) с биоразнообразием (0.85). Цинк (Zn) проявляет сильные отрицательные корреляции с марганцем (Mn) (-0.72) и никелем (Ni) (-0.76), что может указывать на антагонистические взаимодействия между этими элементами. Возможно, они конкурируют за усвоение растениями или оказывают противоположное влияние на биологические процессы. Высокое содержание цинка (12.1 усл. ед.) сопровождается снижением биоразнообразия (0.65). Свинец (Pb), кадмий (Cd) и медь (Cu) имеют слабые корреляции с индексом биоразнообразия, что говорит об их незначительном влиянии на биоразнообразие в рамках данного исследования. Важно отметить, что корреляция не равнозначна причинно-следственной связи. Наличие корреляции между содержанием элемента и биоразнообразием не обязательно означает, что именно этот элемент является причиной наблюдаемого разнообразия.

Биоразнообразие зависит от множества факторов, включая климат, почвенные условия, антропогенное воздействие и т.д. Химический состав растений - лишь один из факторов, который может влиять на биоразнообразие.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований получены следующие результаты и выводы:

1. Анализ видового разнообразия фитоценозов бывших хранилищ пестицидов Алматинской области позволил выявить, что флора исследуемых мониторинговых и контрольных точек включает 177 видов, принадлежащих к 130 родам и 45 семействам, с наибольшим количеством видов в точке Бригада 2 (119 видов, 89 родов, 28), наименьшим – в точке Бельбулак (103 вида, 82 рода, 27 семейств). Эти данные свидетельствуют о достаточно высоком уровне таксономического разнообразия исследуемой территории, несмотря на влияние пестицидов и тяжелых металлов в прошлом.

2. Экологический анализ выявленных видов растений бывших хранилищ пестицидов Алматинской области выявил высокое экобиоморфологическое разнообразие флоры. Преобладание мезофитов (77 видов) отражает умеренно континентальный климат региона, а значительная доля ксеромезофиты (53 вида) указывает на наличие засушливых территорий. Доминирование среди выявленных жизненных форм многолетних травянистых поликарпиков – 96 видов (по классификации И.Г.Серебрякова) и гемикриптофитов, терофитов - 50 видов (по классификации К.Раункиера) свидетельствует о высокой устойчивости растений к антропогенному воздействию и неблагоприятным экологическим условиям. Полученные результаты подчеркивают экологическое разнообразие региона и необходимость разработки мероприятий по восстановлению деградированных территорий и сохранению биологического разнообразия растений.

3. Анализ хозяйственно – значимых видов показал, что на территории мониторинговых и контрольных точек встречается значительное количество видов, обладающих практическим потенциалом. Самая многочисленная группа – натурные, среди которых лидирующее положение занимают лекарственные (92 вида) и кормовые (67 видов) растений, малочисленная – инсектицидные – 1 вид. Среди технической группы, лидирующее положение занимают эфиромасличные – 14 видов, жиромасличные и дубильные по 13 видов, на долю топливных и древесинных приходится всего 2 вида. Выявлено, что большинство растений могут быть использованы одновременно в нескольких направлениях, что увеличивает их практическую ценность. Многофункциональность многих видов отражает высокий хозяйственный потенциал выявленных растений, что открывает перспективы для рационального использования растительных ресурсов и их интеграции в устойчивое природопользование. Количество сорных растений – 88 видов. Это свидетельствует о деградации растительного покрова, связанной с антропогенным воздействием и замещением ценных кормовых растений сорными и ядовитыми (*Xanthium strumarium* L., *Cannabis sativa*).

4. Анализ содержания пестицидов и тяжелых металлов в доминантных и кормовых растениях, произрастающих на территориях бывших хранилищ пестицидов, выявил, что содержание в доминантных, кормовых наземных растениях Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Co и Mn находятся в пределах предельно

допустимых концентраций (ПДК) или незначительно превышают допустимый уровень. Установлено, что на всей исследованной территории уменьшение биологического разнообразия (Biodiversity Index = 0,65) связано с повышенной концентрацией цинка (12,1 мг/кг), оказывающего токсичное воздействие на растения и влияющего на усвоение других элементов. Среди исследованных растений *Rumex confertus* Willd. и *Artemisia annua* L. обладают наибольшей способностью к аккумуляции пестицидов, а *Artemisia annua* L., *Trifolium pratense* L. и *Rumex confertus* Willd. - к тяжелым металлам. Таким образом, полученные результаты подчеркивают долговременное воздействие загрязнителей на экосистему и указывают на высокую биоаккумуляционную способность изученных видов *Rumex confertus*, *Artemisia annua*, *Artemisia annua*, что делает их перспективными для фиторемедиации. Однако выявленные концентрации ряда элементов превышают безопасные уровни, что требует продолжения мониторинга, разработки мер по восстановлению экосистем и предотвращению попадания загрязнителей в пищевые цепи.

Таким образом, полученные в ходе проведения исследований результаты позволяют дать оценку состояния фитоценозов бывших хранилищ пестицидов Алматинской области:

- выявленные на территории мониторинговых и контрольных точек исследования 177 видов из 130 родов и 45 семейств свидетельствуют о достаточно высоком уровне таксономического разнообразия исследуемой территории, несмотря на влияние пестицидов и тяжелых металлов в прошлом. Наибольшее число видов было отмечено в точке Бригада 2 (119 видов, 89 родов, 28), наименьшим – в точке Бельбулак (103 вида, 82 рода, 27 семейств), что напрямую связано со степенью их загрязнения;

- установлено, что в настоящее время содержание пестицидов и тяжелых металлов в доминантных и кормовых растениях на исследованных территориях находится в пределах предельно допустимых концентраций (ПДК) или незначительно превышает допустимый уровень;

- наличие значительного количества сорных видов (88) свидетельствует о деградации растительного покрова.

В целях улучшения экологического состояния территорий и восстановления фитоценозов предложены следующие рекомендации:

- Использовать растения с высокой способностью к аккумуляции токсичных веществ (*Artemisia annua* L., *Trifolium pratense* L., *Rumex confertus* Willd.) в программах фиторемедиации.

- Обеспечить рациональное использование пастбищных земель для естественного восстановления растительного покрова в условиях воздействия тяжелых металлов и пестицидов.

- Проводить регулярный анализ состояния экосистем и разрабатывать мероприятия по восстановлению земель, подверженных техногенному воздействию.

- Увеличить осведомленность общественности о проблемах загрязнения тяжелыми металлами и пестицидами через СМИ, научные конференции и другие платформы.

- Осуществлять систематический мониторинг для наблюдения за изменениями состояния фитоценозов с течением времени.

Предложенные рекомендации будут способствовать минимизации негативного воздействия техногенных загрязнений, сохранению биологического разнообразия растений, а также обеспечению устойчивого использования земельных ресурсов региона.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Kornilova A.A., Zhapbasov R.Z., Zhomartov A.M. et al. Genotoxic Effect of Unused and Banned Pesticides on the Body of Cattle Kept on the Territory of South Kazakhstan // *Contemporary Problems of Ecology*. – 2022. – Vol. 15, № 2. – P. 180–187. – DOI: <https://doi.org/10.1134/S1995425522020044>.
- 2 Zago A.M., Faria N.M.X., Fávero J.L., Meucci R.D., Woskie S., Fassa A.G. Pesticide exposure and risk of cardiovascular disease: A systematic review // *Global Public Health*. – 2020. – DOI: 10.1080/17441692.2020.1808693.
- 3 Aktar M.W., Sengupta D., Chowdhury A. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards // *Interdisciplinary Toxicology* – 2009. – Vol. 2, № 1. – P. 1–12. – DOI: 10.2478/v10102-009-0001-7. – PMID: 21217838; PMCID: PMC2984095.
- 4 Pathak V.M., Verma V.K., Rawat B.S., Kaur B., Babu N., Sharma A., Dewali S., Yadav M., Kumari R., Singh S., Mohapatra A., Pandey V., Rana N., Cunill J.M. Current status of pesticide effects on environment, human health and its eco-friendly management as bioremediation: A comprehensive review // *Frontiers in Microbiology* – 2022. – Vol. 13. – Article № 962619. – DOI: 10.3389/fmicb.2022.962619. – PMID: 36060785; PMCID: PMC9428564.
- 5 Зайдуллаева М.О. Вредное влияние пестицидов на здоровье человека // *Экономика и социум*. - 2018. - № 6 (49).
- 6 Атабаева С.Д., Нурмаханова А.С., Кенжебаева Ш.К., Асрандина С.Ш., Кенжебаева С.С., Алыбаева Р.А., Нармуратова М.К., Тыныбеков Б.М. Растения риса в условиях загрязнения среды ионами кадмия // *Вестник КазНУ. Серия биологическая* – Алматы, 2016. – №3(68). – С. 107–111.
- 7 FAO, 2001a. Baseline Study on the Problem of Obsolete Pesticide Stocks. Food and Agriculture Organisation, Rome, Italy. Available at: <http://www.fao.org/DOCREP/003/X8639E/X8639E00.HTM>
- 8 Абдыкалык С.Е. Развитие агропромышленного комплекса Алматинской области Республики Казахстан // *Вопросы науки и образования*. – 2019. – № 7 (53).
- 9 Bondareva L., Fedorova N. Pesticides: Behavior in Agricultural Soil and Plants // *Molecules*. – 2021. – Vol. 26, № 17. – Article 5370. – DOI: 10.3390/molecules26175370.
- 10 Методы инвентаризации и мониторинга биоразнообразия на особо охраняемых природных территориях регионального значения / В. В. Алексанов, С. К. Алексеев, О. А. Новикова [и др.]; редколлегия: В. В. Алексанов [и др.]; Министерство природных ресурсов и экологии Калужской области. — Калуга: [б. и.]; Тамбов: ТПС, 2021. — 147 с., [4]
- 11 Гришанов Г.В., Гришанова Ю.Н. Методы изучения и оценки биологического разнообразия: Учебное пособие. Российский ун-т. им. И.Канта. Калининград, 2010. - 58 с.
- 12 Breitschopf E., Bråthen K.A. Perception and Appreciation of Plant Biodiversity Among Experts and Laypeople // *People and Nature*. – 2023. – Vol. 5, № 2. – P. 826–838. – DOI: <https://doi.org/10.1002/pan3.10455>.

- 13 Лавренко Е.М., Корчагина А.А. Полевая геоботаника. - М.-Л.: АН СССР, 1959. - Т.1. - 444 с.
- 14 Лавренко Е.М., Корчагина А.А. Полевая геоботаника. - М.-Л.: АН СССР, 1960. - Т.2. - 499 с.
- 15 Лавренко Е.М., Корчагина А.А. Полевая геоботаника. - М.-Л.: АН СССР, 1964. - Т.3. - 530 с.
- 16 Лавренко Е.М., Корчагина А.А. Полевая геоботаника. - М.-Л.: АН СССР, 1972. - Т.4. - 336 с.
- 17 Флора Казахстана. - Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1956. - Т. I. - 352 с.
- 18 Флора Казахстана. - Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1958. - Т. II. - 290 с.
- 19 Флора Казахстана. - Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1960. - Т. III. - 459 с.
- 20 Флора Казахстана. - Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1961. - Т. IV. - 546 с.
- 21 Флора Казахстана. - Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1961. - Т. V. - 513 с.
- 22 Флора Казахстана. - Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1963. - Т. VI. - 463 с.
- 23 Флора Казахстана. - Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1964. - Т. VII. - 495 с.
- 24 Флора Казахстана. - Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1965. - Т. VIII. - 445 с.
- 25 Флора Казахстана. - Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1966. - Т. IX. - 640 с.
- 26 Голоскоков В.П. (отв. ред.) Иллюстрированный определитель растений Казахстана. - Алма-Ата: Наука, 1969. - Т. 1. - 643 с.
- 27 Голоскоков В.П. (отв. ред.) Иллюстрированный определитель растений Казахстана. - Алма-Ата: Наука, 1972. - Т. 2. - 570 с.
- 28 Определитель растений Средней Азии. - Ташкент: Изд-во «ФАН» УзССР, 1968. - Т. I. - 225 с.
- 29 Определитель растений Средней Азии. - Ташкент: Изд-во «ФАН» УзССР, 1971. - Т. II. - 361 с.
- 30 Определитель растений Средней Азии. - Ташкент: Изд-во «ФАН» УзССР, 1972. - Т. III. - 265 с.
- 31 Определитель растений Средней Азии. - Ташкент: Изд-во «ФАН» УзССР, 1974. - Т. IV. - 269 с.
- 32 Определитель растений Средней Азии. - Ташкент: Изд-во «ФАН» УзССР, 1976. - Т. V. - 273 с.
- 33 Определитель растений Средней Азии. - Ташкент: Изд-во «ФАН» УзССР, 1981. - Т. VI. - 393 с.
- 34 Определитель растений Средней Азии. - Ташкент: Изд-во «ФАН» УзССР, 1983. - Т. VII. - 413 с.
- 35 Определитель растений Средней Азии. - Ташкент: Изд-во «ФАН» УзССР, 1986. - Т. VIII. - 189 с.

- 36 Определитель растений Средней Азии. - Ташкент: Изд-во «ФАН» УзССР, 1987. - Т. IX. - 400 с.
- 37 Определитель растений Средней Азии. - Ташкент: Изд-во «ФАН» УзССР, 1993. - Т. X. - 691 с.
- 38 Сорные растения СССР. - Ленинград: Изд-во Академии Наук СССР, 1934. - Т. 1. - 326 с.
- 39 Сорные растения СССР. - Ленинград: Изд-во Академии Наук СССР, 1934. - Т. 2. - 244 с.
- 40 Сорные растения СССР. - Ленинград: Изд-во Академии Наук СССР, 1934. - Т. 3. - 448 с.
- 41 Сорные растения СССР. - Ленинград: Изд-во Академии Наук СССР, 1934. - Т. 4. - 417 с.
- 42 Серебряков И.Г. Морфология вегетативных органов высших растений. – М., 1952. – 390 с.
- 43 Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. – М., 1962. – 377 с.
- 44 Серебряков И.Г. Экологические группы и жизненные формы растений // Ботаника (Анатомия и морфология растений). – М., 1978. – С. 431-461.
- 45 Raunkier C. The life forms of plants and statistical plant geography. – Oxford: Clarendon press, 1934. – 632 p.
- 46 Ильин М.М. Растительное сырье СССР. – Л.: АН СССР, 1950 – Т. 1. – 334 с.
- 47 Ильин М.М. Растительное сырье СССР. – Л.: АН СССР, 1957 – Т. 2. – 522 с.
- 48 Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений.– М., 1983.- 340 с.
- 49 Отв. ред. Соколов П.Д. Растительные ресурсы СССР. – Л.: Наука, 1984. – Вып. 1. – 234 с.
- 50 Отв. ред. Соколов П.Д. Растительные ресурсы СССР. – Л.: Наука, 1986. – Вып. 2. – 170 с.
- 51 Отв. ред. Соколов П.Д. Растительные ресурсы СССР. – Л.: Наука, 1987. – Вып. 3. – 327 с.
- 52 Отв. ред. Соколов П.Д. Растительные ресурсы СССР. – Л.: Наука, 1988. – Вып. 4. – 182 с.
- 53 Отв. ред. Соколов П.Д. Растительные ресурсы СССР. – Л.: Наука, 1990. – Вып. 5. – 166 с.
- 54 Отв. ред. Соколов П.Д. Растительные ресурсы СССР. – Л.: Наука, 1991. – Вып. 6. – 102 с.
- 55 Отв. ред. Соколов П.Д. Растительные ресурсы СССР. – Л.: Наука, 1993. – Вып. 7. – 349 с.
- 56 Грудзинская Л.М., Гемеджиева Н.Г., Нелина Н.В., Каржаубекова Ж.Ж. Аннотированный список лекарственных растений Казахстана, том 20 (1): Справочное издание. – Алматы, 2014. – 200 с.
- 57 Грудзинская Л.М., Есимбекова М.А., Гемеджиева Н.Г., Мукин К.Б. Дикорастущие полезные растения Казахстана. – Алматы.: Асыл кітап, 2008. – 100 с.

58 Plants of the World Online (POWO) [Электронный ресурс] / Разработчик: Royal Botanic Gardens, Kew. – Режим доступа: <https://powo.science.kew.org>

59 ArcGIS 10.8.2 [Электронный ресурс] / Разработчик: Esri. – Версия 10.8.2. – Режим доступа: <https://www.esri.com>

60 Пупышев А.А. Атомно-абсорбционный спектральный анализ // М.: Техносфера, 2009. - 784 с.

61 Robinson J.W., Frame E.S., Frame G.M. Undergraduate Instrumental Analysis // CRC Press, 2014. - 1264 с.

62 Matson P.A., Parton W.J., Power A.G., Swift M.J. Agricultural intensification and ecosystem properties // Science. – 1997. – Vol. 277, № 5325. – P. 504–509. – DOI: 10.1126/science.277.5325.504.

63 Jayaraj R, Megha P, Sreedev P. Organochlorine pesticides, their toxic effects on living organisms and their fate in the environment. Interdisciplinary Toxicology. 2016 Dec;9(3-4):90-100. doi: 10.1515/intox-2016-0012.

64 Dvorská A., Šír M., Honzajkova Z., Komprda J., Cupr P., Petrlik J., Anakhasyan E., Simonyan L., Kubal M. Obsolete pesticide storage sites and their POP release into the environment – an Armenian case study // Environmental Science and Pollution Research International. – 2012. – Vol. 19. – P. 1944–1952. – DOI: 10.1007/s11356-012-0888-y.

65 Djangalina E., Altynova N., Bakhtiyarova S., Kapysheva U., Zhaksymov B., Shadenova E., Djansugurova L. Comprehensive assessment of unutilized and obsolete pesticides impact on genetic status and health of population of Almaty region // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2020. – Vol. 202. – Article 110905. – DOI: 10.1016/j.ecoenv.2020.110905.

66 Prevention and Disposal of Obsolete Pesticides [Электронный ресурс] / The Food and Agriculture Organization. — Режим доступа: <http://www.fao.org/agriculture/crops/obsolete-pesticides/where-stocks/europe-stocks/en/>, свободный.

67 Корнилова А.А., Жапбасов Р.Ж., Сибатаев А.К. Изучение генотоксичного влияния запрещенных и неутилизированных пестицидов на организм овец и крупного рогатого скота, содержащегося на территории Южного Казахстана // Сборник статей международной научно-практической конференции «Теоретические и практические аспекты формирования и развития “Новой науки”». – Уфа, 2022. – 98 с.

68 Нуржанова А.А., Мамирова А.А., Pidlisnyuk V., Джансугурова Л.Б. Проблема СОЗ-пестицидов в Казахстане и способы их восстановления с помощью нового высокоэффективного фиторемедианта *Miscanthus Sinensis* (на примере Талгарского района) // Вестник КазНУ. Серия экологическая. – Алматы, 2019. – №4(61). – С. 34–43.

69 Eqani S.A., Malik R.N., Cincineli A., Zhang G., Mohammad A., Qadir A., Rashid A., Bokhari H., Jones K.C., Katsoyiannis A. Uptake of organochlorine pesticides (OCPs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) by river water fish: the case of River Chenab // Science of the Total Environment. – 2013. – Vol. 450–451. – P. 83–91.

70 Обзор о выполнении обязательств Республики Казахстан по Стокгольмской конвенции о СОЗ. Аналитическое экологическое агентство «Greenwomen». 2018. – 131 с.

71 Действующие проекты по проблеме СОЗ в Казахстане: Отчет программа 001 «Обеспечение деятельности уполномоченного органа в области охраны окружающей среды» <http://kzdocs.docdat.com>

72 Nurzhanova A., Kulakow P., Rubin E., Rakhimbayev I., Sedlovskiy A., Zhambakin K., Kalugin S., Kolysheva E., Erickson L. Obsolete pesticides pollution and phytoremediation of contaminated soil in Kazakhstan // NATO Science for Peace and Security Series. C, Environmental Security. – 2009. – P. 87–111. – DOI: [https://doi.org/10.1007/978-90-481-3592-9\\_6](https://doi.org/10.1007/978-90-481-3592-9_6).

73 Стойкие органические загрязнители: обзор ситуации в России // публикация в рамках международного проекта по ликвидации СОЗ (UNIDO, UNEP, GEF, UNITAR, IPEP, IPEN) "Поощрение активного и эффективного участия гражданского общества в подготовке к выполнению Стокгольмской конвенции" – 2004. – 45 с.

74 BR05236379-OT-20 «Комплексная оценка влияния неутилизированных и запрещенных к использованию пестицидов на генетический статус и здоровье населения Алматинской области».

75 Нуржанова А.Л., Kulakow P., Рахимбаев И.Р., Жамбакин К.Ж., Седловский А.И., Калугин С.Н., Колышева О.И. Фиторемедиация и гипераккумуляторы из семейства asteraceae хлороорганических пестицидов // Биотехнология. Теория и практика. – Астана, 2008. - №2. – С. 87-93.

76 Sabzevari S., Hofman J. A worldwide review of currently used pesticides' monitoring in agricultural soils // Science of the Total Environment. – 2022. – Vol. 812. – Article 152344. – DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.152344.

78 Реализация Стокгольмской, Роттердамской и Базельской конвенций в Казахстане – 2013. – 53 с. <http://www.greenwomen.kz/pdf/stok.pdf>

79 Tchounwou P.B., Yedjou C.G., Patlolla A.K., Sutton D.J. Heavy metal toxicity and the environment // Experientia Supplementum – 2012. – Vol. 101. – P. 133–164. – DOI: 10.1007/978-3-7643-8340-4\_6. – PMID: 22945569; PMCID: PMC4144270.

80 Jabłońska-Trypuć A., Wiater J. Protective effect of plant compounds in pesticides toxicity // Journal of Environmental Health Science and Engineering. – 2022. – Vol. 20, № 2. – P. 1035–1045. – DOI: 10.1007/s40201-022-00823-0. – PMID: 36406617; PMCID: PMC9672277.

81 Lushchak V.I., Matviishyn T.M., Husak V.V., Storey J.M., Storey K.B. Pesticide toxicity: a mechanistic approach // EXCLI Journal. – 2018. – Vol. 17. – P. 1101–1136. – DOI: 10.17179/excli2018-1710. – PMID: 30564086; PMCID: PMC6295629.

82 Wan Y., Liu J., Zhuang Z., Wang Q., Li H. Heavy Metals in Agricultural Soils: Sources, Influencing Factors, and Remediation Strategies // Toxics. – 2024. – Vol. 12, № 1. – Article 63. – DOI: 10.3390/toxics12010063. – PMID: 38251018; PMCID: PMC10819638.



83 Hama Aziz K.H., Mustafa F.S., Omer K.M., Hama S., Hamarawf R.F., Rahman K.O. Heavy metal pollution in the aquatic environment: efficient and low-cost removal approaches to eliminate their toxicity: a review // *RSC Advances*. – 2023. – Vol. 13, № 26. – P. 17595–17610. – DOI: 10.1039/d3ra00723e. – PMID: 37312989; PMCID: PMC10258679.

84 Инелова З.А., Нестерова С.Г., Ерубаетова Г.К. Содержание тяжелых металлов в некоторых доминантных видах растений Мангистауской области // *Вестник КазНУ. Серия биологическая*. – 2016. – № 3(68). – С. 45–53.

85 McGinley J., Harmon O'Driscoll J., Healy M.G., Ryan P.C., Mellander P.E., Morrison L., Callery O., Siggins A. An assessment of potential pesticide transmission, considering the combined impact of soil texture and pesticide properties: A meta-analysis // *Soil Use and Management*. – 2022. – Vol. 38, № 2. – P. 1162–1171. – DOI: 10.1111/sum.12794. – Epub 2022 Mar 8. – PMID: 35915848; PMCID: PMC9313564.

86 Briggs G.G. Predicting the behaviour of pesticides in soil from their physical and chemical properties // *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*. – 1990. – Vol. 329, № 1255. – P. 375–381; discussion 381–382. – DOI: 10.1098/rstb.1990.0179. – PMID: 1979881.

87 Lo C.C. Effect of pesticides on soil microbial community // *Journal of Environmental Science and Health, Part B*. – 2010. – Vol. 45, № 5. – P. 348–359. – DOI: 10.1080/10934520903467873. – PMID: 20512724.

88 Rajan S., Parween M., Raju N.J. Pesticides in the hydrogeo-environment: a review of contaminant prevalence, source and mobilisation in India // *Environmental Geochemistry and Health*. – 2023. – Vol. 45, № 8. – P. 5481–5513. – DOI: 10.1007/s10653-023-01608-6. – Epub 2023 May 15. – PMID: 37183216; PMCID: PMC10183316.

89 DeLorenzo M.E., Scott G.I., Ross P.E. Toxicity of pesticides to aquatic microorganisms: a review // *Environmental Toxicology and Chemistry*. – 2001. – Vol. 20, № 1. – P. 84–98. – DOI: 10.1897/1551-5028(2001)020<0084:toptam>2.0.co;2.

90 Mamane A., Baldi I., Tessier J.F., Raherison C., Bouvier G. Occupational exposure to pesticides and respiratory health // *European Respiratory Review*. – 2015. – Vol. 24, № 136. – P. 306–319. – DOI: 10.1183/16000617.00006014.

91 Tudi M., Li H., Li H., Wang L., Lyu J., Yang L., Tong S., Yu Q.J., Ruan H.D., Atabila A., Phung D.T., Sadler R., Connell D. Exposure Routes and Health Risks Associated with Pesticide Application // *Toxics*. – 2022. – Vol. 10, № 6. – Article 335. – DOI: 10.3390/toxics10060335. – PMID: 35736943; PMCID: PMC9231402.

92 Adam B., Cocco P., Godderis L. Hazardous Effects of Pesticides on Human Health // *Toxics*. – 2024. – Vol. 12, № 3. – Article 186. – DOI: 10.3390/toxics12030186.

93 Reshi M.S., Mustafa R.A., Javaid D., Haque S. Pesticide Toxicity Associated with Infertility // *Advances in Experimental Medicine and Biology*. – 2022. – Vol. 1391. – P. 59–69. – DOI: 10.1007/978-3-031-12966-7\_4. – PMID: 36472816.

94 Sánchez-Bayo F. Indirect Effect of Pesticides on Insects and Other Arthropods // *Toxics*. – 2021. – Vol. 9, № 8. – Article 177. – DOI: 10.3390/toxics9080177. – PMID: 34437495; PMCID: PMC8402326.

95 Morkunas I., Woźniak A., Mai V.C., Rucińska-Sobkowiak R., Jeandet P. The Role of Heavy Metals in Plant Response to Biotic Stress // *Molecules*. – 2018. – Vol. 23, № 9. – Article 2320. – DOI: 10.3390/molecules23092320. – PMID: 30208652; PMCID: PMC6225295.

96 Bell J.N.B., Treshow M. *Air Pollution and Plant Life*. – Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2002. – 440 c.

97 Sumalan R.L., Nescu V., Berbecea A., Sumalan R.M., Crisan M., Negrea P., Ciulca S. The Impact of Heavy Metal Accumulation on Some Physiological Parameters in *Silphium perfoliatum* L. Plants Grown in Hydroponic Systems // *Plants (Basel)*. – 2023. – Vol. 12, № 8. – Article 1718. – DOI: 10.3390/plants12081718. – PMID: 37111941; PMCID: PMC10146597.

98 Alengebawy A., Abdelkhalek S.T., Qureshi S.R., Wang M.Q. Heavy Metals and Pesticides Toxicity in Agricultural Soil and Plants: Ecological Risks and Human Health Implications // *Toxics*. – 2021. – Vol. 9, № 3. – Article 42. – DOI: 10.3390/toxics9030042. – PMID: 33668829; PMCID: PMC7996329.

99 Ali H., Khan E., Ilahi I. Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: Environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation // *Journal of Chemistry*. – 2019. – Vol. 2019. – Article 6730305. – DOI: 10.1155/2019/6730305.

100 Zakaria Z., Zulkafflee N.S., Mohd Redzuan N.A., Selamat J., Ismail M.R., Praveena S.M., Tóth G., Abdull Razis A.F. Understanding Potential Heavy Metal Contamination, Absorption, Translocation and Accumulation in Rice and Human Health Risks // *Plants (Basel)*. – 2021. – Vol. 10, № 6. – Article 1070. – DOI: 10.3390/plants10061070. – PMID: 34073642; PMCID: PMC8227320.

101 Singh S., Parihar P., Singh R., Singh V.P., Prasad S.M. Heavy Metal Tolerance in Plants: Role of Transcriptomics, Proteomics, Metabolomics, and Ionomics // *Frontiers in Plant Science*. – 2016. – Vol. 6. – Article 1143. – DOI: 10.3389/fpls.2015.01143. – PMID: 26904030; PMCID: PMC4744854.

102 Angulo-Bejarano P.I., Puente-Rivera J., Cruz-Ortega R. Metal and Metalloid Toxicity in Plants: An Overview on Molecular Aspects // *Plants (Basel)*. – 2021. – Vol. 10, № 4. – Article 635. – DOI: 10.3390/plants10040635. – PMID: 33801570; PMCID: PMC8066251.

103 Dutta S., Mitra M., Agarwal P., Mahapatra K., De S., Sett U., Roy S. Oxidative and genotoxic damages in plants in response to heavy metal stress and maintenance of genome stability // *Plant Signaling & Behavior*. – 2018. – Vol. 13, № 8. – Article e1460048. – DOI: 10.1080/15592324.2018.1460048. – Epub 2018 Aug 8. – PMID: 29621424; PMCID: PMC6149466.

104 McIntyre T. Phytoremediation of heavy metals from soils // *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*. – 2003. – Vol. 78. – P. 97–123.

105 Singh R., Gautam N., Mishra A., Gupta R. Heavy metals and living systems: An overview // *Indian Journal of Pharmacology*. – 2011. – Vol. 43, № 3. – P. 246–253. – DOI: 10.4103/0253-7613.81505.

106 Kim K.R., Owens G., Naidu R. Effect of root-induced chemical changes on dynamics and plant uptake of heavy metals in rhizosphere soils // *Pedosphere*. – 2010. – Vol. 20. – P. 49–54.

107 Wong S.C., Li X.D., Zhang G. Heavy metals in agricultural soils of the Pearl River Delta, South China // *Environmental Pollution*. – 2003. – Vol. 119. – P. 33–44.

108 Nicholson F.A., Smith S.R., Alloway B. An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales // *Science of the Total Environment*. – 2003. – Vol. 311. – P. 205–219.

109 Qaiser J., Palwasha D., Kamran K., Shahzad M., Saadat H., Muhammad A., Kiran M. Heavy metals accumulation and their toxic effects: Review // *Journal of Biological and Molecular Sciences*. – 2013. – P. 27–36.

110 Нуржанова А. А., Сейлова Л. Б., Маханова А. С. Фитомониторинг загрязненных пестицидами почв // *Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 1–2 декабря 2015 г.* – Киров, 2015. – С. 174–178.

111 Калугин С.Н., Нуржанова А.А., Байжуманова Р.А., Митрофанова А.А., Жумашева Ж.Е. Индуцированная фиторемедиация загрязненных пестицидами почв с помощью производных оксана // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 2013. – Т. 15. – № 3 (4). – С. 1306–1310.

112 Нуржанова А.А., Айдосова С.С. Количественное и качественное содержание изомеров ГХЦГ и метаболитов ДДТ в тканях сорных растений // *Известия НАН РК. Серия биологическая*. – 2006. – № 4. – С. 56–62.

113 Инелова З. А., Нуржанова А. А., Жамабалинова Р. Д., Жумашева Ж. Е., Жолбаева К. Д., Коротков В. С., Цукерман М. В. Фитоценозная биоиндикация загрязненных пестицидами почв (Талгарский район, Алматинская область) // *Вестник КазНУ. Серия экологическая*. – 2010. – № 3(29). – С. 29–33.

114 Нуржанова А.А., Айташева З.Г., Калугин С.Н., Жумашева Ж., Ораз С., Кашкеев К. Возможности использования *Cucurbita pepo* для фиторемедиации почв, загрязненных метаболитами ДДТ // *Вестник КазНУ. Серия экологическая*. – 2013. – № 2/2 (38). – С. 259–263.

115 Нуржанова А.А., Калугин С.Н., Айташева З.Г., Жумашева Ж.Е., Кашкеев К.А., Ораз С., Кусаинова Ж., Турашева С.К. Особенности адаптивных процессов у растений семейства *Cucurbitaceae*, произрастающих в условиях пестицидного загрязнения // *Вестник КазНУ. Серия биологическая*. – 2014. – № 1/1 (60). – С. 301–304.

116 Нуржанова А.А., Сейлова Л.Б., Маханова А.С. Детоксикация пестицидов с помощью растений // *Science and World*. – 2015. – № 6 (22). – Vol. I. – С. 68–70.

117 Нуржанова А. А., Рахимбаев И. Р., Жамбакин К. Ж., и др. Использование дикорастущих видов растений для фиторемедиации почв, загрязненных пестицидами // *Материалы I Международной научно-практической конференции, 25–26 марта 2009 г.* – Нижневартовск, 2009. – С. 40–48.

118 Hernández A.J., Pastor J. Relationship between plant biodiversity and heavy metal bioavailability in grasslands overlying an abandoned mine //

Environmental Geochemistry and Health. – 2008. – Vol. 30. – P. 127–133. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s10653-008-9150-4>.

119 Lushchak V.I., Matviishyn T.M., Husak V.V., Storey J.M., Storey K.B. Pesticide toxicity: a mechanistic approach // EXCLI Journal. – 2018. – Vol. 17. – P. 1101–1136.

120 Gashi V., Kelmendi B., Shala N., Cacaj I., Gashi O., Havolli V. Determination of some chlorinated organic pollutants in plants and soil samples from Kosovo // Rasayan Journal of Chemistry. – 2019. – Vol. 12, № 3. – P. 1540–1546.

121 Chun S., Ye F., Zhang H., Hong J., Hu C., Wang B., Chen Y., Ji R., Zhao L. Metal(loid) oxides and metal sulfides nanomaterials reduced heavy metals uptake in soil cultivated cucumber plants // Environmental Pollution. – 2019. – Vol. 255, № 3. – Article 113354.

122 Johnson O.A., Chinedu E.I. Heavy metals risks in plant foods – need to step up precautionary measures // Current Opinion in Toxicology. – 2020. – Vol. 22. – P. 1–6.

123 Shahzad B., Tanveer M., Che Z., Rehman A., Cheema S.A., Sharma A., Song H., Rehman S.U., Zhaorong D. Role of 24-epibrassinolide (EBL) in mediating heavy metal and pesticide-induced oxidative stress in plants: A review // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2018. – Vol. 147. – P. 935–944. – DOI: 10.1016/j.ecoenv.2017.09.066. – Epub 2017 Oct 3. – PMID: 29029379.

124 Zhong W., Xie C., Hu D., Pu S., Xiong X., Ma J., Sun L., Huang Z., Jiang M., Li X. Effect of 24-epibrassinolide on reactive oxygen species and antioxidative defense systems in tall fescue plants under lead stress // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2020. – Vol. 187. – Article 109831. – DOI: 10.1016/j.ecoenv.2019.109831. – Epub 2019 Oct 22. – PMID: 31654868.

125 Shafi Z., Shahid M., AlGarawi A.M., Zeyad M.T., Marey S.A., Hatamleh A.A., Wang S., Singh U.B. The Exogenous Application of 24-Epibrassinolide (24-EBL) Increases the Cd and Pb Resilience in *Zea mays* (L.) by Regulating the Growth and Physiological Mechanism // Applied Biochemistry and Biotechnology. – 2024. – Vol. 196, № 7. – P. 3949–3973. – DOI: 10.1007/s12010-023-04730-4. – Epub 2023 Oct 4. – PMID: 37792177.

126 Shahid M., Pourrut B., Dumat C., Nadeem M., Aslam M., Pinelli E. Heavy-metal-induced reactive oxygen species: phytotoxicity and physicochemical changes in plants // Reviews of Environmental Contamination and Toxicology. – 2014. – Vol. 232. – P. 1–44. – DOI: 10.1007/978-3-319-06746-9\_1. – PMID: 24984833.

127 Kafaei R., Arfaeinia H., Savari A., Mahmoodi M., Rezaei M., Rayani M., Sorial G.A., Fattahi N., Ramavandi B. Organochlorine pesticides contamination in agricultural soils of southern Iran // Chemosphere. – 2020. – Vol. 240. – Article 124983. – DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.124983. – Epub 2019 Sep 27. – PMID: 31726590.

128 Zuo W., Lin Q., Liu X., Lv L., Zhang C., Wu S., Cheng X., Yu Y., Tang T. Spatio-temporal distribution of organochlorine pesticides in agricultural soils of southeast China during 2014–2019 // Environmental Research. – 2023. – Vol. 232. – Article 116274. – DOI: 10.1016/j.envres.2023.116274. – Epub 2023 Jun 3. – PMID: 37276974.

129 Willkommen S., Lange J., Ulrich U., Pfannerstill M., Fohrer N. Field insights into leaching and transformation of pesticides and fluorescent tracers in agricultural soil // *Science of the Total Environment*. – 2021. – Vol. 751. – Article 141658. – DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141658. – Epub 2020 Aug 13. – PMID: 32871316.

130 Katagi T. Soil column leaching of pesticides // *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. – 2013. – Vol. 221. – P. 1–105. – DOI: 10.1007/978-1-4614-4448-0\_1. – PMID: 23090630.

131 Mamirova A., Baubekova A., Pidlisnyuk V., Shadenova E., Djansugurova L., Jurjanž S. Phytoremediation of Soil Contaminated by Organochlorine Pesticides and Toxic Trace Elements: Prospects and Limitations of *Paulownia tomentosa* // *Toxics*. – 2022. – Vol. 10, № 8. – Article 465. – DOI: 10.3390/toxics10080465. – PMID: 36006144; PMCID: PMC9415570.

132 Jia F., Li Y., Hu Q.N., Zhang L., Mao L.G., Zhu L.Z., Jiang H.Y., Liu X.G., Sun Y. Factors impacting the behavior of phytoremediation in pesticide-contaminated environment: A meta-analysis // *Science of the Total Environment*. – 2023. – Vol. 892. – Article 164418. – DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.164418. – Epub 2023 May 29. – PMID: 37257596.

133 Айтжан М. У., Запарина Е., Избасар А. Экологический анализ флоры Алматинской области (на примере Талгарского, Енбекшиказахского районов) // *Материалы международной научной конференции студентов и молодых ученых "Фараби Әлемі", 9–10 апреля 2019 г.* – Алматы: Қазақ университеті, 2019. – С. 6–7.

134 Inelova Z. A., Aitzhan M. U., Zaparina Ye. G., Yerubayeva G. K. Study of the influence of heavy metals on some dominant plants of the Almaty region // *Материалы научно-практической конференции «Современные проблемы биотехнологии: от лабораторных исследований к производству», 4–5 июня 2021 г.* – Алматы: Қазақ университеті, 2021. – С. 95–98.

135 Унифицированные правила отбора проб сельскохозяйственной продукции, продуктов питания и объектов окружающей среды для определения микроколичеств пестицидов. Алматы; Акмола, 1997.

136 Методические указания по отбору проб сельскохозяйственной продукции и почвы для определения микроколичеств пестицидов и изучения их влияния на биохимические показатели урожая при проведении регистрационных испытаний препаратов. 1997. Алматы; Акмола: Мин-во с/х РК, 22 с.

137 Ильин Б.В., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях. – Новосибирск, 2001.-216 с.

138 Костюк Т.П., Садыков Ш.Ш., Садыков Р.Ш., Бигалиев А.Б. Устройство для автоклавного разложения биоматериалов, повышающее качество экологической оценки природной среды // *Вестник КазНУ. Серия биологическая*. – Алматы, 2000. – С. 125–129.

139 Журавлева Е.Г. Подготовка почвенных и растительных образцов для анализа на содержание микроэлементов // В кн.: *Методы определения микроэлементов в почвах, растениях и водах/ под ред. Важенина И.Г.*, 1974– М.: Колос. – С.23-28.

- 140 Hammer Ø., Harper D. A., Ryan P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // *Palaeontologia Electronica*. – 2001. – Т. 4. – №. 1. – С. 9.
- 141 <https://www.originlab.com>. The data analysis and graphing software.
- 142 Inelova Z.A., Aitzhan M.U., Zaparina Y.G., Erubayeva G.K. Plant biodiversity of monitoring points v. Amangeldy Almaty Region // *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Biological and Medical*. – 2020. – Vol. 2, № 338. – P. 48–55.
- 143 Голоскоков В.П. Флора и растительность высокогорных поясов Заилийского Алатау. – Алма-Аты: АН КазССР, 1949. - 103 с.
- 144 Байтенов М.С., Кудайбаева Г.М., Мырзакулов П.М., Тогузаков Б.Ж. Флора Алма-Атинского государственного заповедника. – Алма-Ата. – 1991. – 154 с.
- 145 Aitzhan M., Inelova Z., Nesterova S., Baktybaeva L., Zaparina Y., Yerubayeva G. Biodiversity of plants in phytocenoses for the territory of the destroyed warehouse, storage of pesticides v. Besqaynar // *Journal of Biotechnology*. – 2019. – Vol. 305. – P. S14. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2019.05.060>.
- 146 Aitzhan M., Inelova Z., Zaparina Ye. Plant biodiversity at the Enbekshi monitoring site in the Almaty region // *Материалы международной конференции «International Conference on Plant Biology and Biotechnology (ICPBV 2024)»*, 3–6 июня 2024 г. – Алматы, Казахстан, 2024. – С. 33.
- 147 Красная книга Казахстана. – Изд. 2-е, переработанное и дополненное. Том 2.: Растения (колл.авт.). - Астана, ТОО «АртPrintXXI», 2014. –830 с.
- 148 Inelova Z., Nesterova S., Yerubaeva G., Zaparina Y., Aitzhan M. Ecological analysis of plants in Almaty region (Enbekshikazakh and Talgar districts) // *Eurasian Journal of Ecology*. – 2019. – № 1 (58). – P. 94–101.
- 149 Inelova Z.A., Nesterova S.G., Yerubaeva G.K., Zaparina Y.G., Aitzhan M.U., Izbasar A. Systematic analysis of the flora of the Talgar, Enbekshikazakh districts of the Almaty region // *Вестник КазНУ. Серия биологическая*. – Алматы, 2019. – № 1 (78). – С. 20–27.
- 150 Chunbo H., Zhixiang Zh., Changhui P. How is biodiversity changing in response to ecological restoration in terrestrial ecosystems // *Science of the Total Environment*. – 2018. – P. 9.
- 151 Anwar T., Qureshi H., Shahzadi S., Siddiqi E.H., Ali H.M., Abdelhamid M.M.A., Nazim M. Exploring the benefits of wild plants in dietary nutrition: investigating perspectives, choices, health impacts and sustainable practices // *BMC Complementary Medicine and Therapies*. – 2024. – Vol. 24, № 1. – Article 86. – DOI: [10.1186/s12906-024-04379-4](https://doi.org/10.1186/s12906-024-04379-4).

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А1 – Видовое разнообразие растений мониторинговых и контрольных точек Алматинской области с их практическим значением

№	Наименование растений	БК 2018	КК 2018	ТК 2018	АГ 2019	ББ 2019	БШ 19	БГ 20	БШ 20	Хоз. Знач. ФК
1	<i>Acanthophyllum paniculatum</i> Regel & Herder									Сорн., корм., лек.
2	<i>Acanthophyllum pungens</i> (Bunge) Boiss.									Декор.
3	<i>Achillea millefolium</i> L.									Сорн., лек., пищ., корм.
4	<i>Adonis aestivalis</i> L.									Корм., техн., сорн., пищ., лек.
5	<i>Aegilops cylindrica</i> Host									Корм., лек.
6	<i>Alchemilla sibirica</i> Zämelis									Корм., декор., масл., сорн., лек.
7	<i>Alhagi pseudalhagi</i> (M.Bieb.) Desv. ex Wangerin									Сорн., корм., лек.
8	<i>Amaranthus blitoides</i> S.Watson									Лек., яд., жирн., техн.
9	<i>Amaranthus tricolor</i> L.									Масл., эфирн., сорн., пищ., лек.
10	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.									Сорн., лек., пищ.
11	<i>Apocynum pictum</i> Schrenk									
12	<i>Arctium tomentosum</i> Mill.									Жирн., эфирн., сорн., лек., пищ.
13	<i>Arctium umbrosum</i> (Bunge) Kuntze									Пищ., лек., корм.
14	<i>Argentina anserina</i> (L.) Rydb.									Эндем
15	<i>Arnebia coerulea</i> Schipcz.									Лек.
16	<i>Artemisia absinthium</i> L.									Сорн., эфирн., корм., дуб., лек.
17	<i>Artemisia annua</i> L.									Сорн., лек.
18	<i>Artemisia dracunculula</i> L.									Сорн., лек., пищ., мед., масл., техн.
19	<i>Artemisia scoparia</i> Waldst. & Kit.									Сорн., лек., корм.
20	<i>Artemisia terrae-albae</i> Krasch.									Сорн., эфирн., лек., корм., пищ.
21	<i>Artemisia vulgaris</i> L.									Сорн., эфирн., лек., корм.
22	<i>Arthraxon hispidus</i> (Thunb.) Makino									Эфирн., вит., сорн., корм., лек., пищ.
23	<i>Atraphaxis pyrifolia</i> Bunge									Сорн., корм., эфирн., лек.
24	<i>Atriplex patula</i> L.									Корм., эфирн.
25	<i>Atriplex tatarica</i> L.									Сорн., эфирн., лек., корм.
26	<i>Avena fatua</i> L.									Мед., пищ., корм., сорн., лек.

27	<i>Barbarea vulgaris</i> W.T.Aiton									Сорн., лек.
28	<i>Bassia prostrata</i> (L.) Beck									Сорн., лек., корм.
29	<i>Bassia scoparia</i> (L.) Beck									Пищ., мед., лек., корм., сорн.
30	<i>Bergenia crassifolia</i> (L.) Fritsch									Сорн., мед., ядов., лек., техн.
31	<i>Betula pendula</i> Roth									Сорн.
32	<i>Brassica juncea</i> (L.) Czern.									
33	<i>Bromus inermis</i> Leys.									
34	<i>Bromus tectorum</i> L.									Сорн.
35	<i>Bryonia alba</i> L.									Сорн., лек., ядов.
36	<i>Calligonum junceum</i> (Fisch. & C.A.Mey.) Litv.									Сорн.
37	<i>Campanula glomerata</i> L.									Сорн., лек., эфирн.
38	<i>Campeiostrachys schrenkiana</i> (Fisch. & C.A.Mey. ex Schrenk) Drobow									Сорн., масл., пищ., лек., корм., техн.
39	<i>Camnabis sativa</i> L.									Сорн., лек., корм.
40	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.									Яд., сорн., лек., корм.
41	<i>Caragana laeta</i> Kom.									Сорн.
42	<i>Carduus nutans</i> L.									Лек., сорн., мед., пищ.
43	<i>Carex physodes</i> M.Bieb.									Сорн.
44	<i>Carum carvi</i> L.									Сорн., крас., ядов., жирн.
46	<i>Centaurea iberica</i> Trevir. ex Spreng.									Сорн., лек.
45	<i>Centaurea virgata</i> subsp. <i>squarrosa</i>									Топл., дуб., крас., лек., техн., декор., корм., строит.
47	<i>Ceratocarpus arenarius</i> L.									
48	<i>Chelidonium majus</i> L.									Ядов., крас., мед., сорн., лек., корм., техн.
49	<i>Chenopodium album</i> L.									Сорн.
50	<i>Cichorium intybus</i> L.									Жирн., мед., ядов., вит., пищ., лек., корм., техн.
51	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.									Мед., жирн., корм., сорн., эфирн., лек., прян., пищ.
52	<i>Cirsium arvense</i> var. <i>arvense</i>									Сорн., лек., жирн., корм.
53	<i>Cistanche salsa</i> (C.A.Mey.) Beck									Сорн., ядов., лек.
54	<i>Clematis alpina</i> (L.) Mill.									Сорн.
55	<i>Convolvulus arvensis</i> L.									Пищ., сорн., лек.
56	<i>Convolvulus lineatus</i> L.									Пищ., лек., корм.



57	<i>Convolvulus tragacanthoides</i> Turcz.									Ядов., инсект., сорн., лек.
58	<i>Cotoneaster multiflorus</i> Bunge									
59	<i>Crataegus songarica</i> K.Koch									Корм., сорн., мед.
60	<i>Crocus alatavicus</i> Regel & Semen.									Сорн., яд., лек., жирн.
61	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.									Сорн.
62	<i>Cyperus serotinus</i> Rottb.									Декор., лек., корм.
63	<i>Dactylis glomerata</i> L.									Техн., жирн., корм., злостный сорняк, вол., масл., нарк., лек.
64	<i>Daucus carota</i> L.									Лек., техн.
65	<i>Descurainia sophia</i> (L.) Webb ex Prantl									Лек.
66	<i>Echinops nanus</i> Bunge									
67	<i>Echium vulgare</i> L.									Сорн., корм.
68	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.									Сорн., корм., яд., лек.
69	<i>Eremurus altaicus</i> (Pall.) Steven									Сорн., лек., корм.
70	<i>Erigeron acris</i> L.									
71	<i>Erigeron canadensis</i> L.									Яд., мед., сорн., декор., лек., техн.
72	<i>Euphorbia humifusa</i> Willd.									Корм.
73	<i>Euphorbia virgata</i> Waldst. & Kit.									Сорн.
74	<i>Ferula dissecta</i> (Ledeb.) Ledeb.									Декор., мелиор., пиц., лек., дуб., техн.
75	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.									Сорн.
76	<i>Fritillaria karelinii</i> (Fisch. ex D.Don) Baker									Сорн., лек.
77	<i>Fumaria vaillantii</i> Loisel.									Корм., мед., сорн., лек.
78	<i>Gagea kunawurensis</i> (Royle) Greuter									Декор.
79	<i>Galium spurium</i> L.									Лек., пиц., техн., корм.
80	<i>Geranium linearilobum</i> DC.									Корм., сорн., пиц., декор., лек.
81	<i>Geranium pusillum</i> L.									Корм., мед., вит., пиц.
82	<i>Geranium rotundifolium</i> L.									Сорн.
83	<i>Geranium sibiricum</i> L.									Корм., мед., лек., пиц.
84	<i>Glaucium elegans</i> Fisch. & C.A.Mey.									Техн., жирн., корм., мед., сорн., лек.
85	<i>Glycyrrhiza aspera</i> Pall.									Сорн.
86	<i>Heracleum dissectum</i> Ledeb.									Корм., мед., вит.

87	<i>Hypecoum pendulum</i> var. <i>pendulum</i>								Корм., сорн., мед.
88	<i>Hypericum perforatum</i> L.								Корм., сорн.
89	<i>Impatiens parviflora</i> DC.								
90	<i>Iris kolpakowskiana</i> Regel								Сорн.
91	<i>Iris tenuifolia</i> Pall.								Сорн., лек.
92	<i>Ixiolirion tataricum</i> (Pall.) Schult. & Schult.f.								Сорн., лек., техн.
93	<i>Jacobaea vulgaris</i> Gaertn.								Пищ., мед., лек.
94	<i>Juncus turkestanicus</i> V.I.Krecz. & Gontsch.								Пищ., мед.
95	<i>Lactuca tatarica</i> (L.) C.A.Mey.								Крас., лек., пищ., техн.
96	<i>Lappula microcarpa</i> (Ledeb.) Gürke								Декор., пищ., техн.
97	<i>Lathyrus tuberosus</i> L.								
98	<i>Lepidium chalepense</i> L.								Волокн.
99	<i>Lepidium draba</i> L.								Декор., лек.
100	<i>Lepidium latifolium</i> L.								
101	<i>Lepidium ruderale</i> L.								Сорн., мед., лек., эфирн.
102	<i>Limonium gmelini</i> (Willd.) Kuntze								Лек., масл., мед., эфирн., сорн., пищ.
103	<i>Malus domestica</i> (Suckow) Borkh.								Пищ., масл., мед., эфирн., техн., лек.,
104	<i>Malva pusilla</i> Sm.								
105	<i>Malva thuringiaca</i> (L.) Vis.								
106	<i>Marrubium vulgare</i> L.								Эндем., декор.
107	<i>Matricaria chamomilla</i> L.								
108	<i>Medicago falcata</i> L.								
109	<i>Medicago minima</i> (L.) Bartal.								Эндем., декор.
110	<i>Medicago sativa</i> L.								Сорн., лек.
111	<i>Melilotus albus</i> Medik.								Техн., декор., медн., лек., вол.
112	<i>Melissa officinalis</i> L.								Лек., пищ., корм.
113	<i>Meniocus limifolius</i> (Stephan ex Willd.) DC.								Сорн., крас., лек., ядов.
114	<i>Mentha longifolia</i> (L.) L.								Лек., корм.
115	<i>Neotrinia splendens</i> (Trin.) M.Nobis, P.D.Gudkova & A.Nowak								Сорн., корм., крас., тех., пищ.
116	<i>Nitraria sibirica</i> Pall.								Сорн., лек.
117	<i>Onopordum acanthium</i> L.								Лек.

118	<i>Peganum harmala</i> L.									Сорн., лек.
119	<i>Pentanema britannica</i> (L.) D.Gut.Larr., Santos-Vicente, Anderb., E.Rico & M.M.Mart.Ort.									
120	<i>Persicaria amphibia</i> (L.) Delarbre									Ядов.
121	<i>Plantago lanceolata</i> L.									
122	<i>Plantago major</i> L.									Сорн., лек.
123	<i>Poa bulbosa</i> L.									Дуб., лек., пищ., техн.
124	<i>Polygonum aviculare</i> L.									Сорн., корм.
125	<i>Populus alba</i> L.									Сорн., корм.
126	<i>Potentilla conferta</i> Bunge									Сорн., корм., лек.
127	<i>Potentilla recta</i> L.									Корм., лек.
128	<i>Potentilla supina</i> L.									Корм., сорн.
129	<i>Prunus armeniaca</i> L.									Корм.
130	<i>Prunus avium</i> (L.) L.									Сорн., корм., лек., техн.
131	<i>Prunus cerasus</i> L.									Корм., лек., пищ.
132	<i>Prunus domestica</i> L.									
133	<i>Pulsatilla campanella</i> (Regel & Tiling) Fisch. ex Krylov									Корм.
134	<i>Rhaponticum repens</i> (L.) Hidalgo									
135	<i>Ribes aciculare</i> Sm.									Корм., сорн.
136	<i>Ribes heterotrichum</i> C.A.Mey.									Корм., сорн.
137	<i>Roemeria hybrida</i> (L.) DC.									Корм., пищ., лек., техн.
138	<i>Roemeria pavonina</i> (Schrenk) Banfi, Bartolucci, J.-M.Tison & Galasso									Декор., мел., техн.
139	<i>Rosa alberti</i> Regel									Корм., техн.
140	<i>Rubus caesius</i> L.									Лек., корм.
141	<i>Rumex acetosa</i> L.									Корм., лек.
142	<i>Rumex confertus</i> Willd.									Пищ., лек., дуб.
143	<i>Rumex crispus</i> L.									Дуб., пищ., крас.
144	<i>Salix alba</i> L.									Пищ., лек., корм., дуб., сорн.
145	<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Roem. & Schult.									Сорн., ядов., лек.
146	<i>Setaria viridis</i> (L.) P.Beauv.									
147	<i>Silene schmalhauseni</i> Popov									
148	<i>Sisymbrium loeselii</i> L.									Корм., сорн.
149	<i>Solanum dulcamara</i> L.									Корм., дуб., пищ., мел., сорн.

150	<i>Solanum nigrum</i> L.									Декор., пиц., мед., ядов., лек.
151	<i>Sophora alopecuroides</i> L.									Пиц., вит., мед., декор., лек.
152	<i>Sorbus tianschanica</i> Rupr.									Пиц., декор., мед.
153	<i>Spiraea hypericifolia</i> L.									
154	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.									Сорн.
155	<i>Stipa capillata</i> L.									
156	<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.									Корм., жирн., пиц., вит., мед., закр., лек.
157	<i>Taraxacum monochlamydeum</i> Hand.-Mazz.									Пиц., мед.
158	<i>Taraxacum</i> sect. <i>Taraxacum</i> F.H.Wigg.									Пиц., жирн., мед., поделочн.
159	<i>Thlaspi arvense</i> L.									Пиц., жирн., мед.
160	<i>Tragopogon ruber</i> S.G.Gmel.									Вит., пиц., декор.
161	<i>Trifolium pratense</i> L.									Пиц., вит., мед., крас.
162	<i>Tulipa alberti</i> Regel									Пиц., вит., дуб.
163	<i>Tulipa biflora</i> Pall.									
164	<i>Tulipa kolpakowskiana</i> Regel									Сорн., лек., пиц., корм., техн.
165	<i>Tulipa tetraphylla</i> Regel									Декор.
166	<i>Turritis glabra</i> L.									Декор., техн., дуб., мед.
167	<i>Ulmus laevis</i> Pall.									Дуб., техн., крас., лек., пиц.
168	<i>Ulmus pumila</i> L.									Сорн.
169	<i>Urtica dioica</i> L.									Декор.
170	<i>Verbascum blattaria</i> L.									Ядов.
171	<i>Verbascum phoeniceum</i> L.									Ядов., лек.
172	<i>Verbascum songaricum</i> Schrenk ex Fisch. & C.A.Mey.									Пиц., сорн., ядов.
173	<i>Vicia cracca</i> L.									Декор., дуб.
174	<i>Vicia sepium</i> L.									Декор., техн., строит.
175	<i>Xanthium strumarium</i> L.									Декор., дуб., жирн., топл.
176	<i>Zea mays</i> L.									Сорн., пиц., лек., вол., корм.
177	<i>Zygophyllum kegensense</i> Boriss.									Эндем.