

**Иссык-Кульский государственный университет
имени Касыма Тыныстанова**

На правах рукописи

УДК 574.9 (575.2)

Ибраева Кымбат Бектурсуновна

Эколого-биогеохимическая оценка бассейна реки Каракол

03. 02. 08 – экология

**Диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук**

Научный руководитель

доктор биологических наук, доцент

Калдыбаев Бакыт Кадырбекович

Каракол – 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	10
1.1 Краткая история эколого-биогеохимических и радиоэкологических исследований в Кыргызстане.....	10
1.2. Тяжелые металлы в природно-техногенных экосистемах.....	12
1.3. Радионуклиды в природно-техногенных экосистемах	18
1.4. Биологическая реакция живых организмов на геохимические факторы среды	28
1.5. Фиторемедиация почв загрязненных тяжелыми металлами	31
1.6. Природно-климатические условия города и здоровье населения Каракол	37
Резюме по главе 1	48
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	49
2.1. Объекты исследования	49
2.1.1. Вода	49
2.1.2. Почва	50
2.1.3. Растения	51
2.2. Методы исследования.....	52
2.2.1. Химические и спектральные методы анализа	52
2.2.2. Радиоэкологические методы исследований	54
2.2.3. Биоиндикационные методы исследований	68
2.2.4. Прикладные программы.....	69
Заключение по главе 2	77
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	79
3.1. Содержание микроэлементов в воде и донных отложениях реки Каракол.....	79

3.2. Удельная активность радионуклидов в воде и донных отложениях реки Каракол	88
3.3. Содержание микроэлементов в почвах и растениях контрольного участка	91
3.4. Содержание микроэлементов в почвах города Каракол.....	100
3.5. Содержание микроэлементов в растениях города Каракол	110
3.6. Экологические аспекты озеленения города Каракол	116
3.7. Содержание микроэлементов на территории полигона ТБО города Каракол	120
3.8. Содержание микроэлементов в сточных водах очистных сооружений города Каракол.....	124
3.9. Удельная активность радионуклидов в почвах города Каракол.....	130
3.10. Радиоэкологические исследования с использованием программы Erica tool 1.2	138
Заключение по главе 3	148
ВЫВОДЫ.....	152
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	153
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	154
ПРИЛОЖЕНИЯ	169

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ТМ - Тяжелые металлы

КБП - Коэффициент биологического поглощения

Кк - Кларк концентрации

ПДК - Предельно допустимая концентрация

Мг/кг – Миллиграмм на килограмм

Мг/л - Миллиграмм на литр

Бк/кг - Беккерель на килограмм

мкР/ч - Микрорентген в час

Бк/л - Беккерель на литр

мкГр/ч – Микрогрей в час

ПАН – Показатель абсолютного накопления

ПОН – Показатель относительного накопления

ТБО – Твердые бытовые отходы

ГПП «Каракол» - Государственный природный парк «Каракол»

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы диссертации. Иссык-Кульская котловина – уникальный район биосферы, в целях сохранения окружающей среды данного природного комплекса, по решению бюро Международного координационного совета Программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (МАБ), в 2001 году биосферная территория «Ысык-Кёль» была включена во всемирную сеть биорезерватов. Основным критерием Биосферной территории «Ысык-Кёль» является сбалансированное социально-экономическое развитие региона, соблюдение экологических норм в целях сохранения биоразнообразия, ландшафтов и природных экосистем. Обеспечение экологической безопасности выступает обязательным условием для достижения устойчивого развития, служит основой для сохранения природных экосистем и поддержания высокого качества окружающей среды. В регионе антропогенный фактор загрязнения речной воды наиболее высок летом из-за повышенной курортной активности. Весной и осенью основными загрязнителями являются составные компоненты азота (нитраты и аммоний), приносимые талыми водами с орошаемых участков земли. Неочищенные сточные воды городов, сел и санаториев являются потенциальным источником загрязнения в летний период (Дженбаев Б.М., Мурсалиев А.С., 2012; Дженбаев Б.М., Жолболдиев Б.Т., Калдыбаев Б.К., 2015; Djenbaev B., Kaldybaev B., Toktoeva T., 2016).

В бассейне реки Каракол интенсивно развивается туризм, транспорт, сельское хозяйство. Имеются экологические проблемы очистки сточных вод и утилизации твердых бытовых отходов, загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных вод, почвы экотоксикантами (Калдыбаев Б.К., 2012; Жолболдиев Б.Т., 2016; Кадырова Г.Б., 2017; Тыныбеков А.К., Азаматов Н., 2017; Токтоева Т.Э., 2018).

Экология тяжелых металлов и радионуклидов в условиях бассейна реки Каракол до настоящего времени остаётся недостаточно изученной, существует потенциальная опасность их накопления в объектах окружающей природной

среды. В связи с этим необходимы детальные эколого-биогеохимические и радиоэкологические исследования техногенных нагрузок, оценка степени их накопления и рассеивания в компонентах природных и техногенных экосистем: почвах, речных и сточных водах, контрольных парковых зонах региона.

Связь темы диссертации с крупными научными программами (проектами) и основными научно-исследовательскими проектами. Работа включена в комплексную тему научно-исследовательской работы Иссык-Кульского государственного университета им. К. Тыныстанова финансируемой департаментом науки министерства образования и науки Кыргызской Республики за 2018 год «Устойчивое развитие и рациональное использование природных ресурсов Иссык-Кульской области», за 2019 год «Экологические аспекты устойчивого развития города Каракол».

Цель исследования. Эколого-биогеохимическая оценка уровней накопления и рассеивания микроэлементов, радионуклидов в компонентах окружающей среды города Каракол и сопредельных территорий.

Задачи исследования:

- Определить микроэлементный состав воды, донных отложений реки Каракол, содержание микроэлементов в почвах города Каракол и почвах полигона твердых бытовых отходов. Расчёты показателей абсолютного и относительного накопления микроэлементов.
- Расчитать коэффициенты биологического поглощения микроэлементов растениями, выявить биологической реакции растений в условиях техногенной нагрузки.
- Определить микроэлементный состав, содержания азота аммонийного, нитратного и нитритного в сточных водах очистительных сооружений города Каракол.
- Определить мощности экспозиционной дозы, удельной активности радионуклидов в почвах города Каракол, установить дозы облучения и фактора радиационного риска для живых организмов.

Научная новизна работы. Впервые проведены комплексные эколого-биогеохимические и радиоэкологические исследования в условиях природно-техногенных экосистем бассейна реки Каракол. Результаты исследований показали, что вода реки Каракол слабо минерализована, гидрокарбонатно-сульфатного типа, с преобладанием кальция. Минерализация воды в период межени выше, чем в период максимального поверхностного стока. Превышение ПДК в речной воде для микроэлементов и радионуклидов по хозяйственно-питьевому и культурно-бытовому пользованию не установлено. В илисто-глинистых фракциях донных осадков реки Каракол установлено накопление по Cu в 2,5 раз, Pb в 2 раз, U в 2 раз относительно кларковых значений.

В почвах центральной части города Каракол с интенсивным движением автотранспорта установлены превышение ПДК по Zn в 1,1-6,5 раз, Pb 1,2-2,5 раз. Для хвойных и лиственных деревьев, произрастающих в данных условиях, выявлено накопление в хвое и листьях Zn (КБП 4,5-11) и Pb (КБП 0,16-1,5). Установлена достоверная корреляционная зависимость между содержанием свинца в хвоинках сосны обыкновенной и количеством хвоинок с признаками усыхания ($r=0,95$, $t=4,3$; $p<0,05$).

Полигон ТБО города Каракол содержит около 80-85% твердых и до 15% пищевых отходов. В поверхностном слое почв полигона установлено превышение ПДК по Zn в 2,2-4,4 раз, Pb в 1,5-2,2 раз, As в 3-5 раз.

Очистительные сооружения города Каракол находятся в водоохраной зоне реки Каракол. В сточных водах установлено превышение ПДК по азоту аммонийному в 2,2 раз, в донных осадках иловых площадок установлено накопление Mo в 2,5 раз, Cu в 2-4,5 раз, P 2,5-3,7 раз относительно кларковых значений.

Радиоэкологические исследования показали, что уровень экспозиционной дозы радиационного фона по гамма-излучению в данном регионе варьирует в пределах допустимой нормы, удельная активность радионуклидов: U, ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs в почвах жилых районов города Каракол находится в пределах естественного уровня. Расчетные дозы облучения для

живых организмов и фактор радиационного риска для окружающей среды не значителен.

Практическая значимость полученных результатов. Материалы диссертации могут быть использованы Генеральной дирекцией Биосферной территории «Иссык-Кёль», Иссык-Кульским территориальным управлением охраны окружающей среды и лесного хозяйства, Каракольским государственным природным парком в целях экологического мониторинга и охраны окружающей природной среды (Акт внедрения от 17.01.2019). Теоретические данные используются в учебном процессе Иссык-Кульского государственного университета им. К. Тыныстанова при чтении курсов лекций, проведении семинарских и практических занятий по дисциплине: «Основы экологии» для студентов межфакультетских специальностей (Акт внедрения от 28.01.2019).

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- Содержание микроэлементов в воде, донных отложений реки Каракол, в почвах города Каракол, полигона твердых бытовых отходов и сопредельных территорий;
- Содержание микроэлементов в растениях города Каракол, их накопление и биологическая реакция на техногенные нагрузки;
- Содержания микроэлементов, азота аммонийного, нитратного и нитритного в сточных водах очистительных сооружений города Каракол;
- Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения, удельная активность радионуклидов в почвах города Каракол, дозы облучения и факторы радиационного риска.

Личный вклад соискателя. Экспедиционные работы по отбору проб почвы, воды и донных отложений, растений, пробоподготовка, полевые исследования, составление карта-схем, экологическая оценка состояния природно-техногенных экосистем выполнены лично соискателем с учётом консультаций научного руководителя.

Апробации результатов исследования. Основные результаты диссертационной работы были доложены на Международной конференции «Эколого-экономическая эффективность природопользования» (г. Омск, 2014); II Международной конференции «Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах» (г. Тюмень, 2016); Международной научно-практической конференции Общества почвоведов Кыргызстана. «Почвенные ресурсы и продовольственная безопасность в условиях глобального изменения климата» (г. Бишкек, 2016); Международной конференции: «Проблемы ихтиологии и гидробиологии в странах Центральной Азии» (г. Бишкек, 2017); Международной научно-практической конференции «Экспертное мнение» (г. Пенза, 2017); II Международной (XV Региональной) научной конференции «Техногенные системы и экологический риск» (г. Обнинск, 2018); 13-м Международном симпозиуме по прикладной изотопной геохимии (г. Томск, 2019).

Опубликованность результатов диссертации. По результатам диссертации опубликовано 16 научных работ, из них 1 включенная в систему индексирования Scopus, 2 в научно-периодических журналах включённых в РИНЦ за пределами КР, 2 РИНЦ КР, 2 рекомендованные ВАК КР, 9 в сборниках международных и республиканских конференций.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения, выводов, списка использованной литературы и приложений. Работа содержит 167 страниц, 50 рисунков, 30 таблиц. Список использованной литературы включает 144 наименования из них 24 на иностранном языке.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Краткая история эколого-биогеохимических и радиоэкологических исследований в Кыргызстане

Основоположником биогеохимического направления науки является академик В.И. Вернадский (1868-1945). Сформулировав задачи новой науки, В.И. Вернадский создает специальную биогеохимическую лабораторию, собираются научные факты, конкретизируются цифровые данные, которые характеризуют закономерности биогенной миграции элементов в биосфере. Лабораторию до 1945 г. возглавлял В.И. Вернадский. После преобразования в Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского работу лаборатории возглавил А.П. Виноградов, а с 1945 по 1985 гг. лабораторией руководил В.В. Ковальский. В настоящее время лабораторию возглавляет профессор В.В. Ермаков. Таким образом, создав учение о биосфере, науки биогеохимия и геохимия В.И. Вернадский установил главные особенности их методологии. Он определил, что в основе всех процессов происходящих на Земле лежат атомы, а наивысший уровень организации это биосфера [16, 17, 18, 19, 20, 21, 22].

В Кыргызстане в 1950 годах, под руководством академика А. М. Мамытова, исследовалось содержание некоторых макро- и микроэлементов в почвах республики [89, 90, 91]. В последующие годы, под руководством академика А. И. Захарьева, профессора Р. Н. Одынец и их последователей, изучалось содержания ряда микроэлементов в: кормах, сене и травосмесях (Дрожкина, 1986; Токобаев, 1982 и др.) [47, 54, 116]. Позднее изучением биологической роли микроэлементов занимались в Кыргызском Национальном университете (Портнягина, 1990, Кадырова, Дженбаев, 1995), Кыргызской аграрной академии (Айтматов, 1997), Институте животноводства и ветеринарии, других научно-исследовательских институтах [2, 42, 104].

Исследование биогеохимических провинций в Кыргызстане, впервые в Среднеазиатском регионе, началось в 1960-е годы под руководством проф.

В.В. Ковальского при активной поддержке академика И. В. Выходцева и проф. Е. В. Никитиной [28, 81]. В 1970-е годы по инициативе член-корр. НАН Кыргызской Республики, проф. М. М. Токобаева и проф. П. А. Гана в Биолого-почвенном институте НАН Кыргызстана была создана лаборатория Биогеохимии растений. Руководителем этой лабораторией был один из основоположников биогеохимических исследований в Кыргызстане д.б.н., профессор А. М. Мурсалиев. Биогеохимическими исследованиями установлено: в Кыргызстане каждый горный хребет и межгорная впадина отличаются характерными особенностями содержания микроэлементов в: почве, растениях и других объектах биосферы.

Известно: горные республики богаты различными минеральными ресурсами (ртутно-сурьмяными, свинцовыми, урановыми и полиметаллическими). На горных склонах происходит обеднение микроэлементами почв, растений и накопление их в межгорных впадинах. По результатам биогеохимических и геохимических исследований выявлены концентраторы: Pb, Cu, Ni, Be, Hg, Se, F и другие химические элементы в растениях, микроорганизмах и животных.

Под руководством проф. А. М. Мурсалиева в лаборатории Биогеохимии изучались микроэлементы в системе “почва-микроорганизмы-растения” (Мурсалиев, 1977, 1990) в: Сумсарском свинцовоцинковом месторождении, Тюпском высокогорном регионе (Ниязова, Летунова, 1988), Южно-Ферганском ртутно-сурьмяном субрегионе и некоторых угольных месторождениях, ряде полиметаллических регионах [94, 95, 96, 97, 99]. Сотрудниками биогеохимической лаборатории, впервые в республике и странах СНГ, открыты природные селеновые (вторичные) биогеохимические провинции в Средне-Чуйских торфяниках (Дженбаев, 1999, 2009, 2012) [35, 38, 39]. Впервые комплексно изучены особенности биогеохимии: селена в прибрежных зонах Иссык-Куля (Шамшиев, 2007), свинца в центральной части бассейна р. Чу (Жалилова, 2008), радиобиогеохимическое состояние природно-техногенной экосистемы Прииссыккуля (Калдыбаев, 2012), эколого-биогеохимическая

оценка золоторудного месторождения Джеруй (Сариева, 2013), радиоэкологические исследования территории бывшего уранового производства Каджи-Сай (Жолболдиев, 2016), эколого-биогеохимические исследования природно-техногенных экосистм бассейна реки Джергалан (Кадырова, 2017), эколого-биогеохимическая оценка растительно-почвенного покрова природно-техногенной урановой провинции Майлуу-Суу (Кармышева, 2018) и др [121, 50, 74, 75, 110, 51, 73, 76].

В связи с актуальностью радиоэкологическим проблем для территории Кыргызстана, наличием большого количества урановых хвостохранилищ и отвалов, необходимостью проведения радиоэкологического мониторинга окружающей среды лаборатория биогеохимии была преобразована в лабораторию биогеохимии и радиоэкологии. В настоящее время руководит лабораторией профессор Дженбаев Б.М.

1.2. Тяжелые металлы в природно-техногенных экосистемах

Известно, что наиболее приоритетными загрязнителями окружающей природной среды являются тяжелые металлы. В самом общем плане выделяют естественные (природные) и техногенные источники их поступления [5, 56, 68].

Естественные источники. Первичное местонахождение тяжелых металлов на планете – верхняя мантия, базальты и граниты, поэтому естественным источником тяжелых металлов для почв являются горные породы, на продуктах, выветривания которых сформировался почвенный покров. Насыщенность разных горных пород тяжелыми металлами существенно различаются, хотя в сравнении с другими химическими элементами их содержание в горных породах не велико [68].

Эти различия связаны с минералогическим составом горных пород, так как в них тяжелые металлы приурочены к определённой группе минералов. Почвообразующие горные породы разного гранулометрического состава по

концентрации могут сильно различаться, песчаные и супесчаные породы содержат небольшое количество, суглинистые и глинистые – значительное [5, 68].

Из почвообразующих пород тяжелые металлы переходят в почвы в соответствии с закономерностями миграции и аккумуляции их в различных геохимических ландшафтах. Кроме горных пород, естественными источниками тяжелых металлов для основных компонентов биосферы являются термальные воды, космическая и метеоритная пыль, вулканические газы и др. [11, 13, 43, 44, 45, 46].

Техногенные источники. Техногенное поступление тяжелых металлов в биосферу связано с различными источниками, к важнейшим из них относят: горнодобывающую промышленность, предприятия металлургического комплекса, автотранспорт, тепловые электростанции, сжигание отходов, минеральные и органические удобрения, сточные воды и др. [9,10,11,12,13,14].

Незаменимая экологическая роль почвы определяется как важнейший компонент для всех наземных биогеоценозов и биосферы Земли в целом [50, 114, 122, 123, 124]. Почва – весьма специфический компонент биосферы, поскольку она не только геохимически аккумулирует компоненты загрязнений, но и выступает как природный барьер, контролирующий перенос химических элементов и соединений в атмосферу, гидросферу и живое вещество [130, 132, 134]. Тяжелые металлы, поступающие из различных источников, попадают в конечном итоге на поверхность почвы. Их дальнейшая судьба зависит от ее химических и физических свойств. Продолжительность пребывания загрязняющих компонентов в почвах гораздо больше, чем в других частях биосферы, и загрязнение почв, особенно тяжелыми металлами, по-видимому, вечно [135, 136, 137]. Металлы, накапливающиеся в почвах, медленно удаляются при выщелачивании, потребления растениями, эрозии и дефляции. Первый период полудаления (удаление половины от начальной концентрации) ТМ, для почв в условиях лизиметра сильно варьирует: для цинка от 70 до 510 лет, для кадмия от 13 до 1100 лет, для меди от 310 до 1500 лет, для свинца от

750 до 5900 лет [87, 138, 139, 141]. Хотя микроэлементы – малые компоненты в составе твердой фазы почвы, они играют важную роль в ее плодородии. Значение связей микроэлементов с отдельными фазами почв и их сродства к каждой составной части почвы – это ключ к лучшему пониманию принципов, управляющих поведением микроэлементов в почвах [142, 143, 144]. Почва является мощным аккумулятором тяжелых металлов и практически не теряет их со временем, обладая ярко выраженной катионной поглотительной способностью, она очень хорошо удерживает положительно заряженные ионы металлов. Поэтому постоянное поступление их даже в малых количествах в течение продолжительного времени способны привести к существенному накоплению их в почве.

В культурном ландшафте наибольшее распространение имеют цинк, свинец, ртуть, кадмий, хром. Набор металлов, поступающих в ландшафт, зависит, прежде всего, от характера человеческой деятельности в данном регионе. Так при сильном развитии автомобильного транспорта и при наличии густой сети автомобильных дорог справедливо ожидать обогащение ландшафта свинцом, поступающим в окружающую среду с отработанными газами двигателей внутреннего сгорания [98]. Поступление в ландшафт кадмия может быть связано с широким использованием в сельском хозяйстве фосфатов, содержащих этот элемент в виде примеси, а также при развитии электронной и лакокрасочной промышленности, широко применяющих соединения данного металла [125, 126].

Ртуть в культурном ландшафте оказывается в результате использования её соединений в качестве фунгицидов в сельском хозяйстве и при производстве целлюлозы на целлюлозно-бумажных предприятиях, откуда она может попадать в окружающую среду со сточными водами и твердыми отходами при очистке сточных вод. Не исключено попадание ртути в почву с компостами из бытового мусора, где она оказывается, в свою очередь, из использованных люминесцентных ламп [55, 71].

Заметные количества хрома могут обнаруживаться в ландшафте в результате применения в качестве удобрений осадков сточных вод канализации городов с развитой часовой, кожевенной и тяжёлой промышленностью, а также при известковании почв шлаками металлургических производств, содержащих хром [52].

Обогащение ландшафта цинком может произойти при систематическом использовании в качестве органических удобрений осадков сточных вод городов, а также при сжигании отходов резины, в состав которой он входит как элемент, улучшающий вулканизацию. Заметное загрязнение среды медью наблюдается в местах интенсивного виноградарства, где этот элемент широко используют для борьбы с заболеваниями винограда [27].

В ландшафтах, практически не затронутых хозяйственной деятельностью, содержание тяжелых металлов в почве незначительное. Так, кларк кадмия в почве составляет $5 \times 10^{-5} \%$, или 0,5 мг/кг, для ртути $1 \times 10^{-6} \%$, или 0,01 мг/кг, для свинца $1,6 \times 10^{-3} \%$, или 16 мг/кг, для меди - $1 \times 10^{-2} \%$, или 100 мг/кг, для цинка - $5 \times 10^{-3} \%$, или 50 мг/кг [7,8].

В ландшафте кадмий является редким рассеянным 2-валентным элементом. Для него характерна миграция в горячих подземных водах вместе с цинком и другими халькофильными элементами. Кадмий сопутствует цинку и часто обнаруживается вместе с ним, образует многочисленные основные, двойные и комплексные соединения. В незагрязненных почвах он содержится в количествах, равных десятым долям миллиграмма на килограмм. Ртуть относится к весьма редким элементам и в природе мигрирует преимущественно в газообразном состоянии и водных растворах. В ландшафте в основном рассеивается и лишь в незначительном количестве может сорбироваться глинами и илами. В чистых почвах ее содержание составляет сотые доли миллиграмма на килограмм, а в почвах интенсивного хозяйственного использования достигает целых миллиграммов [12].

Свинец является наиболее распространенным элементом. В ландшафте он преимущественно мигрирует в бикарбонатной форме, а также в

органических комплексах. Он легко адсорбируется глинами, и в них его содержание повышено. В условиях промывного типа водного режима (в таежных и других ландшафтах влажного климата) наблюдается некоторая подвижность свинца. Однако он вымывается слабее, чем цинк и медь [14].

Знание природных концентраций тяжелых металлов в почвах дает возможность судить о состоянии чистоты или загрязненности и принимать соответствующие меры, направленные на сохранение почвенного плодородия. В.П. Цемко, И.К. Паламарчук, Г.М.Залуцкая предлагают следующую группировку почв по степени загрязнения: к слабо загрязненным относятся почвы с содержанием элемента от 2 до 10 кларков; к средне – от 10 до 30 кларков; к сильно – свыше 30 кларков [119].

В природе выявлены естественные провинции, бедные йодом, фтором, кобальтом, молибденом и другими элементами. Имеются также провинции с повышенным содержанием таких элементов, как стронций, селен, мышьяк, кобальт, молибден и др. Животные и растительные организмы в таких провинциях подвержены специфическим заболеваниям, вызванные как избытком, так и недостатком этих элементов [32, 49, 80, 83, 84, 86, 103].

Региональное загрязнение почв, как указывается в большинстве публикаций, происходит главным образом в промышленных районах и центрах крупных населённых пунктов (городах).

Проблема экологии городских территорий приобретает в настоящее время все большую актуальность. Антропогенное воздействие на природную среду, ухудшение ее состояния и расширение территорий, подвергнутых урбанизации, является характерной особенностью современной эпохи. Степень экологического риска в окружающей среде (ОС) мегаполисов, где сосредоточено огромное количество людей, автотранспорта и промышленности, значительна. Экологический аспект урбанизации состоит в том, что крупный город изменяет почти все компоненты природной среды: атмосферу, растительность, почву, рельеф, грунты, подземные воды и даже климат. Перепады температур, относительной влажности и солнечной радиации

между городом и его окрестностями иногда соизмеряется с весьма значительным продвижением в естественных условиях по широте, причем изменение одних условий вызывает изменение других. Горожане получают на 15% меньше солнечных лучей летом и на 30% зимой, на 10% больше осадков и т.д. На города приходится 80% всех выбросов в атмосферу и 3/4 общего объема загрязнений; загрязняющее и тепловое воздействие больших городов и агломераций прослеживается на расстоянии около 50 км; в городах изменяются естественные ландшафты, с формированием антропогенных ландшафтов. Таким образом, процесс урбанизации приводит к значительному изменению среды обитания человека и других живых организмов, снижению ее качества при высокой антропогенной нагрузке. Современные города можно назвать преобразованными природными комплексами со специфическими характеристиками [98, 108, 131].

В настоящее время активно ведутся исследования состояния компонентов городской среды, причем состояние урбанизированных территорий изучается с самых разных аспектов этой проблемы: накопление различных загрязнителей в атмосфере, гидросфере и педосфере городов; индикация и тестирование экологического состояния этих сфер; механизмы устойчивости городских территорий к загрязнению; оздоровление и способы улучшения экологии городов и т.д.

Актуальные вопросы, связанные с изучением отдельных сторон исследуемой проблемы, нашли свое отражение в работах по загрязнению воздуха, водных источников урбанизированных территорий, которые приобретали специфические свойства и черты функционирования; также по изменениям эколого-геохимического состояния населенных пунктов [7, 8].

Таким образом, городская среда – интегральное явление, созданное и функционирующее благодаря действию многих факторов и компонентов и имеющее 3 главные составляющие: атмосферу, гидросферу и педосферу, состояние которых изменяется через загрязнение поллютантами. Важнейшими экологическими проблемами городов являются: загрязнение атмосферы

различными металлами, приводящее к образованию «кислых» осадков», смогу и др.; водопользование и изменение водного баланса водоемов города; деградация и загрязнение почв урбанизированных территорий, приводящие к нарушениям экологических функций почв, изменению растительного покрова и т.д.

1.3. Радионуклиды в природно-техногенных экосистемах

Интерес к проблемам естественного радиационного фона возник практически одновременно с открытием явлений радиоактивности, изучением распространения в природной среде радиоактивных элементов и биологического действия ионизирующих излучений. Стали анализироваться вопросы биологической роли природного фона. Основоположником учения о природном радиационном фоне биосферы, как в области естественно научных дисциплин, является выдающийся советский ученый, академик В.И. Вернадский (1863-1945) [16, 17].

Первой задачей, поставленной академиком В.И. Вернадским перед естественной наукой, было исследование радиоактивных минералов и их месторождений на территории России. В.И. Вернадский, начиная с 1908 г., постоянно проводил огромную работу по организации экспедиций и создания лабораторной базы по поискам и изучению радиоактивных материалов. В экспедициях в 1908-1913 гг. совместно с академиком В.И. Вернадским работали известные ученые: К.А. Ненадкевич, А.Э. Ферсман, Д.С. Белянкин, Я.В. Самойлов и др.

Работы по изучению радиоактивности минералов и пород В.И. Вернадский проводил в двух основных направлениях: 1) распределение радиоактивных элементов в веществе Земли в целях составления радиогеологической карты земной поверхности; 2) поиски радиоактивного сырья.

В период с 1908 по 1917 г. на Тюя-Муюнском руднике в Центральной Азии побывали академик В.И. Вернадский, геологи: Д.И. Мушкетов, Д.В. Наливкин, В.Н. Вебер, Д.И. Щербаков и другие специалисты, а также экспедиции исследовавшие полосу предгорий Алайского и Туркестанского хребтов от Гульчи до меридиана г. Ходжента Таджикистана. При этом выполнялись научно-исследовательские работы геологического и минералогического характера, в том числе изучение радиоактивности водных источников и атмосферного воздуха [18, 19].

В последнее время интерес к проблемам экологии естественного радиационного фона Земли существенно вырос, поскольку хозяйственная деятельность человека существенно изменяет окружающую среду. За сравнительно короткий период в мире произошла научно-техническая революция, характеризующаяся интенсификацией промышленного производства, резким увеличением объемов добычи полезных ископаемых и потреблением энергии. Особое место здесь занимает развитие атомно-энергетического комплекса. В связи с этим, общая проблема загрязнения окружающей среды (воздух, вода, почва) и прогнозирование экологических последствий ионизирующей радиации приобрели особое значение. В первую очередь это относится к естественному радиационному фону, который в последние десятилетия меняется в сторону увеличения на локальных и даже региональных уровнях (так называемый техногенно-усиленный радиационный фон от деятельности промышленных предприятий) [85, 112, 117, 118, 120].

Развитие атомной энергетики обуславливает необходимость получения достоверных оценок воздействия на окружающую среду всех объектов ядерного топливного цикла, обогащение урановой руды и хранение радиоактивных отходов с высокой удельной активностью тяжелых естественных радионуклидов. Но современные принципы защиты живой природы от радиационного воздействия излучений, с низкой линейной передачей энергии несовершенны. Мало известно, при каких дозовых нагрузках наблюдаются негативные изменения в природных популяциях, населяющих

территории с техногенно обусловленным повышенным содержанием тяжелых естественных радионуклидов, являющихся одновременно α -, β - и γ -излучателями [118].

Известно, что радиоактивные и другие виды ионизирующих излучений не имеют ни цвета, ни вкуса, ни запаха. Люди и животные могут подвергаться облучению от источников излучения, находящихся вне организма - внешнее облучение, облучаться радионуклидами, попавшими в его организм с вдыхаемым воздухом, потребляемой пищей и водой, - внутреннее облучение животного и человеческого организмов [3, 4].

Задолго до того, как было решено применять атомную энергию для производства электроэнергии в мирных целях, ее ужасающая разрушительная сила была использована как атомное оружие. Атомное оружие создавалось в бывшем СССР и США примерно в одно и то же время. Прежде чем в СССР была создана атомная бомба, на Урале был построен завод, чтобы сделать для нее начинку - «Маяк». Известно, что в процессе изготовления материалов для атомной бомбы не заботились об окружающей среде и здоровье людей. Важно было выполнить задания государства. Чтобы получить заряд для атомной бомбы, пришлось не только запустить военные ядерные реакторы, но и создавать сложное химическое производство, в результате работы которого получали не только уран и плутоний, но и огромное количество твердых и жидких радиоактивных отходов. В этих отходах содержалось большое количество остатков: урана, стронция, цезия и плутония, а также других радиоактивных элементов.

Нужно отметить, что сначала радиоактивные отходы в данном производственном комплексе сливали прямо в реку Теча, на которой стоит завод. Потом, когда в деревнях, расположенных на берегах реки стали болеть и умирать люди, решили выливать в реку только низко активные отходы. Средне активные отходы стали сливать в озеро Карачай. Высокоактивные отходы хранили в специальных емкостях из нержавеющей стали - «банках», которые стояли в подземных бетонных хранилищах. Эти «банки» очень сильно

разогревались из-за активности содержащихся в них радиоактивных материалов. Для того чтобы не произошло перегрева и взрыва, их нужно было охлаждать водой. У каждой «банки» была своя система охлаждения и система контроля за состоянием содержимого. Известно, что в конце сентября 1957 года на одной из «банок» произошла серьезная поломка в системе охлаждения и одновременно сбой в системе контроля и банка взорвалась. Взрыв был страшным - почти все содержимое емкости с отходами оказалось выброшенным в окружающую среду [100, 120].

Многолетняя деятельность производственного объединения «Маяк», пущенного в эксплуатацию в 1948 году сопровождалась беспрецедентными в мировой практике радиационными инцидентами и авариями, что обусловило радиоактивное загрязнение части территорий не только Челябинской, но также Свердловской и Курганской областей. Сброс радиоактивных отходов предприятия в открытую гидрографическую сеть речной системы Теча-Исеть-Тобол-Обь привел к загрязнению речной поймы на протяжении 1 000 км. На р. Теча образовалась узкая, сильно загрязненная прибрежная полоса вдоль всего течения (шириной до 1 км и общей площадью около 80 кв. км). При этом в воздух было выброшено около 20 миллионов кюри радиоактивных веществ. Около 90% радиации осело прямо на территории комбината «Маяк». Радиоактивные вещества, поднятые взрывом на высоту 1-2 км, образовали радиоактивное облако, состоящее из жидких и твердых аэрозолей. Юго-западный ветер, который дул в тот день со скоростью около 10 м/с, разнес аэрозоли. Через 4 часа после взрыва радиоактивное облако проделало путь в 100 км, а через 10-11 часов радиоактивный след полностью оформился и 2 миллиона кюри, осевшие на землю, образовали загрязненную территорию, которая примерно на 300-350 км протянулась в северо-восточном направлении от комбината «Маяк». Граница зоны загрязнения была проведена по изолинии с плотностью загрязнения 0,1 Ки/кв.км и охватила территорию, площадью 23 тыс. кв. км [100, 120].

Благодаря усилиям многих специалистов уже в первые пост аварийные годы были получены исходные данные о содержании радионуклидов в различных почвах, поступлении их в урожай разных сельскохозяйственных культур и модифицирующем действии ряда физико-химических и экологических факторов. На его территории выполнены различные по тематике радиоэкологические исследования, получены уникальные данные, как в научном, так и в практическом плане.

Спустя 50 лет после аварии, в пределах центральной оси следа и на сопредельной территории к западу от границы заповедника, ^{90}Sr остается основным загрязнителем почвенно-растительного покрова. Изучены уровни загрязнения и пространственное распределение ^{90}Sr и ^{137}Cs в почвенном покрове. В настоящее время интегральные запасы ^{90}Sr в почвенном покрове составляют 571.2×10^{12} Бк, а ^{137}Cs – 66.1×10^{12} Бк [100,120].

Крупнейшая в истории атомной энергетики авария на Чернобыльской АЭС (1979 г.) не имеет аналогов по количеству попавших в окружающую среду радионуклидов, площади радиоактивного загрязнения и тяжелых биологических последствий. Сформировавшееся в результате аварии широкомасштабное и крайне неравномерное радиоактивное загрязнение, разнообразные ответные реакции живой природы на разных уровнях биологической организации – от молекулярно-клеточного до экосистемного – сделали исследования биологических последствий Чернобыльской катастрофы поистине уникальной информацией [4, 24].

Проблема искусственной радиоактивности природной среды возникла ещё в 50-х гг. нынешнего столетия в связи с экспериментальными ядерными взрывами в атмосфере. В 1955 г. При ООН был создан Научный комитет по действию атомной радиации. В Советском союзе впервые радиогеохимические и радиоэкологические исследования начали проводиться в 1950 г. Изучались поступление искусственных радионуклидов на земную поверхность, поведение их в почвах и растительном покрове разных природных зон. В настоящее время имеются значительные материалы о влиянии радионуклидов на различные

компоненты биосферы после аварий на Южном Урале, Чернобыльской АЭС и в других природно-техногенных зонах [15, 24, 37, 77, 85, 118, 133, 120, 140].

Иссык-Кульская котловина - естественная урановая биогеохимическая провинция. Иссык-Кульская котловина - вторая по величине в Средней Азии после Ферганской. Длина ее с востока на запад 240 км, ширина – около 100 км. С севера Кунгей Ала-Тоо, с юга – Терской Ала-Тоо, образуя Иссык-Кульский массив интенсивно метаморфизированных пород протерозоя. По облику это сланцеватые, полосчатые, массивные породы: кристаллические сланцы, филлиты, роговики, кварциты, мраморы и др. В геологическом строении Иссык-Кульской котловины принимали участие разнообразные по возрасту и составу изверженные и осадочные породы. Толща осадочных пород представлена отложениями, начиная от древних - протерозоя и палеозоя – кончая четвертичными и современными. Отложения палеозойского возраста, обрамляющие котловину, образуют ее горные склоны, а толщи мезо кайнозойского возраста формируют аккумулятивные подгорные равнины и заполняют собственно Иссык-Кульскую впадину. Наиболее высокое содержание урана обнаружено на территории Иссык-Кульской котловины в осадочных породах разных возрастов - углисто-кремнистых сланцах ($1,7 \times 10^{-3}\%$), глинах и органогенных известняках ($3,0 \times 10^{-4}\%$). Меньшее количество урана содержится в песчанике – $1,8 \times 10^{-4}$. Среднее содержание урана в кайнозойских отложениях, выстилающих котловину озера, составляет $5,8 \times 10^{-4}$, причем на химическом составе этих отложений сказывается влияние изверженных пород (гранитные интрузии), занимающих большие площади в Иссык-Кульской котловине. Среди изверженных пород наиболее высокое содержание урана отмечено в - кислых. Часть высоких и средних гор Кунгей Ала-Тоо сложена гранитами ордовика. Осевая часть Кунгей Ала-Тоо представлена магматитами и гнейсами [29, 81, 82].

Радиоактивность пород незначительно увеличивается к западу от Чолпон-Ата, здесь мощность эквивалентной дозы (МЭД) выше 0,24 мкЗв/ч. К востоку от г. Чолпон-Ата до пос. Кутургу мощность дозы лежит в промежутке

между 0,24 и 0,36 мкЗв/ч, местами достигает 0,5 - 0,6 мкЗв/ч. На восток от пос. Кутургу в известняках карбона с низкой активностью мощность дозы снижается до 0,1 мкЗв/ч и ниже. Породы Терской Ала-Тоо создают невысокую активность (МЭД до 0,24 мкЗв/ч), в северной части возрастающую (МЭД до 0,4 мкЗв/ч), что объясняется присутствием гранитов и гранодиоритов ордовика [36, 37, 41].

На северном склоне Терской Ала-Тоо выходят метаморфизированные кварцито-карбонатные образования нижнего протерозоя. Встречаются небольшие тела карбонатных пород, сланцев, эффузивов и массивы гранитоидов верхне протерозойского возраста. Эффузивные образования представлены кислыми и основными разностями: дацитами, липаритами, трахитами, андезитами, базальтами и другими породами. Наиболее высокая мощность дозы обусловлена гранитами верхнего карбона и перми массива Ак-Олен - от 1,2 до 1,5 мкЗв/ч, а также кислыми разностями эффузивных образований. Основной вклад во внешнее излучение вносят природные радионуклиды ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K и их производные, содержание которых в породах определяет уровень активности этих пород. На активность рыхлых отложений влияют, прежде всего: активность материнских горных пород; процессы выщелачивания грунтовыми водами; миграция радиоэлементов и другие геологические процессы. Содержание урана уменьшается по мере увеличения основности пород, вместе с ним падает и уровень радиоактивности. В кислых липаритах активность достигает ~ 1 мкЗв/ч и содержание урана до 0,01% (1230 Бк/кг). В базальтах Тору-Айгыра при МЭД 0,15-0,17 мкЗв/ч, содержание урана значительно ниже и составляет от 0,0004 % (49 Бк/кг) до 0,0009 % (110 Бк/кг). Интрузивные магматические породы представлены гранитами, средними - граносиенитами, сиенитами и основными – габбро, в которых содержание урана, а, следовательно, и мощность дозы также уменьшается по мере увеличения основности от 0,7– 1,2 мкЗв/ч до 0,15 – 0,2 мкЗв/ч [25, 82, 127, 128, 129].

Уран в почве. Для Иссык-Кульской котловины характерна пестрота почвенного покрова, которая обусловлена разнообразием: осадочных пород, выстилающих котловину, особенностями климата, различием в гидротермических условиях высотных поясов, а также характером растительного покрова склонов хребтов, предгорий и подгорных равнин. Источником урана в почвах Иссык-Кульской котловины являются горные породы. Влияние горных пород на уровень содержания урана в почвах определяется переносом продуктов разрушения пород, обогащенных ураном и непосредственным участием их в почвообразовании, особенно маломощных почв котловины. Процессы выноса урана из разрушающихся горных пород осуществляются:

1) Путем выщелачивания урана из горных пород и растворения урановых минералов природными водами (грунтовые, поверхностные), имеющих гидрокарбонатно-кальциевый состав и слабощелочную среду. Такие воды, хорошо извлекая уран, переносят его в форме карбонатного комплекса $[UO_2(CO_3)]^{4-}$ и в сорбированном состоянии на глинистых и гумусовых частицах.

2) Механической миграцией, связанной с выветриванием горных пород и энергичным перемещением частиц пород и минералов ветром, льдом, водой; при этой форме миграции урана в аллювиальных отложениях и почвах образуются ореолы рассеяния, протяженностью от нескольких сотен метров до нескольких километров.

Содержание урана в почвах Иссык-Кульской котловины колеблется от 0,00012 до 0,00064 % (14,9 до 79,6 Бк/кг). Накопление урана в различных типах почв определяется главным образом их генезисом, топографией по отношению к выходам пород, условиями миграции и биогенными факторами [25, 82, 36, 37, 41, 48, 127].

Уран в воде. Центральную равнинную часть Иссык-Кульской котловины занимает озеро Иссык-Куль, в которое впадает около 90 рек, стекающих с горных хребтов Кунгей и Терской Ала-Тоо. Длина озера составляет 182 км, наибольшая ширина - 58 км, максимальная глубина - 702 м, средняя глубина -

279м. Площадь водного зеркала около 6206 км², объем водной массы 1732 м³. Вода в озере солоноватая с сухим остатком 5,89 г/л, состав воды – хлоридно-сульфатно-натриевый рН 7,8-8,8 [72, 88, 128].

Воды рек районов Иссык-Кульской котловины обогащены ураном, повышенное содержание урана в водах следует связывать не только с климатическими условиями, но и с геологическим строением речных долин, а также с особенностями химического состава речных вод, способных хорошо извлекать уран из горных пород. Содержание урана в водах рек Тон, Ак-Суу (район Тон и Чолпон-Ата) $5,6-5,7 \times 10^{-6}$ г/л (0,07 Бк/л), что в 10 раз больше, чем в реках нечерноземной и черноземной зон России. Река Чу (у пос. Кок-Майнок) несет в своих водах до $7,1 \times 10^{-6}$ г/л (0,09 Бк/л) урана. По данным И.Е. Старика и др. (1958), содержание урана в одной из крупнейших рек Иссык-Кульской котловины, Джергалан, колеблется в зависимости от времени года и места отбора проб от $2,8 \times 10^{-6}$ до $1,0 \times 10^{-5}$ г/л (0,035-0,12 Бк/л).

В среднем, вода озера Иссык-Куль содержит $3,0 \times 10^{-6}$ % (0,37 Бк/л) урана. Это на порядок больше, чем среднее содержание урана в морской воде и на один-два порядка больше, чем среднее содержание урана в реках и пресных озерах. Источником урана в озерной воде являются горные и осадочные породы Иссык-Кульской котловины. Уран существует в виде уранил-карбонатных комплексных анионов: $[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_2 \times (\text{H}_2\text{O})_2]^{2-}$ $[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]^{4-}$

В результате постепенного испарения воды, в виде осадка в озеро выпадает мало растворимые карбонаты кальция. Содержание урана в них составляет 1,12- $1,76 \times 10^{-3}$ % (139,4-219,0 Бк/кг) на сухой вес [25, 82, 37, 129].

Уран в растениях. Содержание урана в дикорастущих растениях для различных районов Иссык-Кульской котловины, оно колеблется от $3,7 \times 10^{-6}$ до $5,1 \times 10^{-4}$ % (0,46-63,5 Бк/кг на сухое вещество) и превышает уровень содержания урана в растениях целинных черноземных степей - $2,1 \times 10^{-6}$ % (0,26 Бк/кг) в 1,5 - 240 раз. Растения, произрастающие на светло-бурых почвах районов Чолпон-Ата, Ананьево, Тамга, Кескем-Бель, Каджи-Сай – содержат от $4,1 \times 10^{-5}$ до $2,1 \times 10^{-4}$ урана (5,1-26,1 Бк/кг), что в 2,4-100 раз больше, чем в растениях

черноземной зоны. Отдельные виды растений из этих мест, такие, как горноколосьник (*Orostachys thyrsiflora* Fisch.), астрагал Бородина (*Astragalus Borodinii* Krassn.), остролодочник (*Oxythopis nutans* Bge.), карагана бледнокорая (*Caragana leucophloe* Pojark.) концентрируют от $3,6 \times 10^{-5}$ до $2,1 \times 10^{-4}$ % урана (4,5-26,1 Бк/кг). Растения, произрастающие на выветренных породах, содержат в среднем $3,2 \times 10^{-4}$ % урана (39,8 Бк/кг). Отдельные виды растений – зайцегуб (*Lagochilus diacanthophylus* (Pall.) Benth.), астрагал Бородина, карагана бледнокорая, карагана красивая (*Caragana laeta* Kom.), эфедра промежуточная (*Ephedra intermedia*) концентрируют от $2,0 \times 10^{-4}$ до $3,0 \times 10^{-3}$ % (24,9-373,3 Бк/кг) урана на сухое вещество, что в 100-1430 раз больше, чем в растениях Курского заповедника. Факты повышенного содержания урана в растениях авторы объясняют высокой степенью «подвижности» форм урана в почвах котловины, а также, способностью корневой системы растений разрушать частицы породы и минералов, переводя труднорастворимые соединения элементов в формы, доступные для растений. В условиях повышенного содержания урана в среде проявляется морфологическая изменчивость листьев, стеблей, цветов некоторых видов растений. В изменённых растениях содержится больше урана, чем в нормальных растениях того же вида из того же района [25, 82, 36, 37, 41, 127, 128].

Уран в животных. Конечными звеньями биогеохимической пищевой цепи являются организмы животных и человека. Удобным объектом изучения такой пищевой цепи служит травоядное животное – овца. Содержание урана в организме овец зависит от количества урана, поступающего с кормом. Наиболее высокая концентрация урана наблюдается в организме овец из района Кок-Майнок. В среднем концентрация урана в организме овец данного геохимического района $1,6 \times 10^{-5}$ % (2,0 Бк/кг) с колебаниями для отдельных животных от $1,3 \times 10^{-5}$ до $2,0 \times 10^{-5}$ % (1,6-2,5 Бк/кг) на сухое вещество [25, 82].

Концентрация урана в организме овец из районов Тон и Чолпон-Ата Иссык-Кульской котловины несколько ниже, чем в организме овец из района Кок-Майнок, однако по сравнению с районами черноземной ($1,8 \times 10^{-6}$ % или 0,2

Бк/кг) и нечерноземной зон ($1,6 \times 10^{-6}\%$ или 0,19 Бк/кг) она в 5-8 раз выше. В среднем в организме тонских овец содержится $9,2 \times 10^{-6}\%$ (1,1 Бк/кг) в организме чолпон-атинских овец $8,3 \times 10^{-6}\%$ (1,0 Бк/кг) урана на сухое вещество. Концентрация урана в организме овец из районов Иссык-Кульской котловины меньше, чем в поедаемых ими кормовых растениях, что позволяет сделать вывод о различном характере адаптивных регуляций обмена урана в организме овец из геохимических районов с неодинаковым уровнем содержания урана во внешней среде. В условиях повышенного содержания урана обмен урана у овец направлен в сторону уменьшения его концентрации в организме [25, 81, 82, 127, 128].

1.4. Биологическая реакция живых организмов на геохимические факторы среды

Известно, что недостаток или избыток определенных химических элементов в среде обитания вызывает нарушения в обмене веществ живых организмов, которые при таких условиях либо погибают, либо приспосабливаются путем изменения физиологической функции, либо заболевают. Области, где у организмов наблюдается та или иная биологическая реакция на недостаток или избыток определенных элементов в окружающей среде, называются биогеохимическими провинциями, которые играют важную роль в эволюции живого вещества. Между организмом и средой происходит непрерывный обмен химическими элементами, который зависит как от свойств среды и природы, так и от истории развития организмов. Флора и фауна, происходящие через эти барьеры отбираются и подвергаются изменчивости на химической основе. В биогеохимических провинциях с недостаточным или избыточным содержанием химических элементов в среде изменения возникают не только в обмене веществ, но и в морфологии растений вплоть до образования новых видов. В биогеохимических провинциях отмечены многочисленные случаи морфологической изменчивости растений, причина

появления которой объясняется ныне геохимической экологией растений и химическим составом почв [20, 21]. Изучение взаимоотношений между организмами и геохимическими факторами в среде являются предметом геохимической экологии, многие вопросы которой освещены в работах В.В. Ковальского по изучению геохимической экологии организмов в условиях различных субрегионов биосферы, в частности в условиях борных субрегионов, в условиях недостатка меди, избытка молибдена и сульфатов, в условиях стронциево-кальциевых субрегионов биосферы Забайкалья и Таджикистана, в субрегионах биосферы с повышенным содержанием в среде молибдена, в условиях урановых субрегионов биосферы Иссык-Кульской котловины, в условиях субрегиона биосферы, обогащенного селеном [81].

Организмы каждый по своему реагирует на недостаток или избыток того или иного элемента в среде обитания, поэтому характер биологической реакции зависит от содержания химических элементов в среде. Биологическая реакция – это, с одной стороны, отбор и подбор флоры и фауны на основе геохимических факторов, с другой – изменчивость и приспособляемость организмов. В.В. Ковальский и Н.С. Петрунина показали наиболее вероятные пути изменчивости и приспособляемости растительных организмов в биогеохимических провинциях в зависимости от содержания химических элементов в среде. Отдельные растения, попадая в сложные условия, изменяются вплоть до образования новых видов. Примерами морфологической и физиологической изменчивости могут служить многочисленные данные об изменении состава флоры в биогеохимических провинциях с различным содержанием химических элементов. Например (*Astragalus pectinatus* и др.), произрастающие на богатых селеном почвах и концентрирующие его в большом количестве, отличаются здесь наибольшим видовым разнообразием. Причем некоторые концентраторы селена (*Astragalus pectinatus*, *Aporappus frominitii* и др.) совсем не найдены на почвах, не содержащих этого элемента. Вместе с тем необходимо отметить и изменения морфологических признаков у растений, собранных в районах месторождений. Так, М.М. Сторожева выявила тератологические явления у

анемоны (*Pulsatella patens*, *Anemone patens*) на месторождениях никеля, здесь же найдены особые формы астр мохнатой и татарской. На почвах, обогащенных цинком, зарегистрированы морфологические изменения у фиалки (*Viola triodor*) и ярутки (*Thlaspi alpestre*). На почвах с наибольшим накоплением свинца и цинка обнаружена измененная форма мака крупнокоробочного (*Papaver macrostomus*) с расчлененными лопастными краями венчика [81]. Большой интерес представляет открытие Д.П. Малюгой широко распространенных уродливых форм грудницы мохнатой (*Linosyris villosa* (L.)) на месторождениях никеля. Найдены также угнетенные формы качима (*Cypsophila Patrinii* Serv.) на медистых, сульфидных месторождениях. На почвах богатых битумом, наблюдается уродливые формы растений, причем отдельные из них приобретают гигантские размеры [86, 87].

Недостаточное или избыточное содержание химических элементов в среде обитания влечет за собой возникновение эндемической болезни у растений. Так, недостаток или избыток железа или марганца вызывает хлороз. Во многих торфянистых и песчаных почвах недостаток усвояемой формы меди у злаковых растений порождает «болезнь обработки» (белая чума), что проявляется в хлорозе, подсыхании, полегании и скручивании листьев и в итоге приводит к резкому снижению урожайности. Различные эндемические заболевания возникают у растений табака и томата, цветной капусты и клевера при нехватке молибдена. При низком содержании в почве магния появляется хлороз фруктовых деревьев [20, 21, 32].

Из литературных данных известны морфологические изменения растений, произрастающих в районах с повышенным содержанием урана. У растений (*Ferula gigantea* B. Fedtsch и *Eremus stenophyllus* (Boiss. Et Buhse, Baker)) при концентрации урана в них от 0,01 до 0,1 % встречаются уродливые формы с искривленными стеблями, скрученными листьями и цветами неправильной формы; перисто-рассеченная листовая пластинка ферулы и эремуруса достигает 30 – 50 см вместо 1,5 м [176]. Изменчивость цветов описана для *Epilobium angustifolium* L., произрастающей на территории,

обогащенной ураном. У этих же особей показана диплоидность пыльцы. На площадях с повышенной радиоактивностью у *Prunus prostrata* наблюдалось изменение окраски и размеров растения; иногда наблюдалось наличие опухолей, наростов, утолщений. Было отмечено снижение содержания хлорофилла по сравнению с нормальным растением того же вида и относительное увеличение содержания каротина и ксантофилла, вследствие чего растение принимало бледно-зеленную окраску с желтовато бурым оттенком [14, 81, 82].

Источником информации относительно влияния повышенной природной радиоактивности на растения являются работы, связанные с геологическими изысканиями. Это в первую очередь могут быть исследования Н.Л. Сэннон обследовавшей растительность в районе Колорадского плато, где находятся крупнейшие в мире месторождения урана. Ею описано специфическое состояние флоры, произрастающих в местах урановых отложений: карликовость, изменения в окраске растений, признаки преждевременной гибели отдельных видов. Автор связывает все эти отклонения с токсическим действием урана, а также других сопутствующих ему химических элементов в районе месторождения [86, 115]. Ряд представлений относительно возможного влияния повышенных уровней радиоактивности на растения можно выделить в работах М.Ф. Кузина проводивших исследования в районе ториевой аномалий. Из наблюдений следует, что растения, характеризуясь высокой изменчивостью морфологического облика на подобных территориях, могут выступать в качестве индикаторов при геологических поисках рассеянных элементов [85].

1.5. Фиторемедиация почв загрязненных тяжелыми металлами

Термин «фиторемедиация» (фито - растение, ремедиация - возмещение ущерба) возник совсем недавно. Американский ученый И. Раскин применил его

впервые в 1994 г. «По словам самого Раскина, началом фиторемедиации можно считать те времена, когда человек начал осушать болота, применяя целенаправленную рассадку деревьев, обладающих требуемыми характеристиками». Фиторемедиация сегодня представляет собой способ выведения токсикантов из почв, грунтов, вод с использованием растений и микроорганизмов. Фиторемедиационные технологии эффективны при детоксикации больших площадей почв, в результате чего происходит постепенное удаление загрязняющих веществ, при этом структура и свойства почвы остаются незатронутыми [68].

Часто при оздоровлении почв совместное действие микроорганизмов и растений носит симбиотический характер. Однако микроорганизмы уступают растениям тем, что ввиду их более ускоренного метаболизма и быстрой адаптации токсиканты вновь выводятся из клеток, несмотря на высокую аккумулятирующую способность к поллютантам отдельных таксономических групп микроорганизмов, и остаются в почве. В конечном счете все это не способствует ремедиации почв. Растения же способны своими корневыми системами аккумулятировать токсиканты и транспортировать их в надземные органы, тем самым очищая почву [71].

Технологии фиторемедиации базируются на различных методологических подходах и во многом зависят от поставленной перед ними задачи. Природа токсиканта, его концентрация, сам объект, нуждающийся в ремедиации, определяют форму и разнообразие возможных фиторемедиационных технологий. Естественно, не следует рассматривать фиторемедиацию как абсолютно всемогущее средство, способное быстро и дешево избавить объект от любой формы загрязнения. Так, например, растения не могут ассимилировать полихлорированные бифенилы и диоксины - соединения, которые в последнее время все больше загрязняют биосферу [98].

Современная фиторемедиация располагает двумя стратегиями использования растений для детоксикации ТМ в почвах. Одна основана на использовании металлспецифичных растений-сверхнакопителей, которые в

огромных количествах избирательно поглощают один или два металла. Вторая стратегия предполагает применение высокопродуктивных растений, которые формируют большую надземную биомассу и способны к сравнительно невысокой аккумуляции широкого спектра тяжелых металлов.

Сегодня в фиторемедиационной технологии можно выделить такие инструменты, как: фитоэкстракция, ризофилтрация, ризодеградация, фитодегградация, фитоволотализация (испарение при помощи растений), гидравлический контроль и др [99].

Перед применением какой-либо из экофитотехнологий проводят предварительное тщательное исследование объекта, нуждающегося в ремедиации. В первую очередь необходимо определить характер токсичного соединения, загрязняющего объект, установить его концентрацию и глубину проникновения в почву. Затем стоит выявить почвенные характеристики: тип почвы, примерное количество осадков в период фиторемедиации, наличие и глубину залегания грунтовых вод. В конечном итоге по полученным данным выбирается метод фиторемедиации, в том числе и селективный отбор растений и микроорганизмов, которые требуются для каждой конкретной технологии [130].

Для очистки почв, зараженных тяжелыми металлами, обычно используется фитоэкстракция. Технология этого метода заключается в следующем: корнями растений вместе с питательными веществами поглощаются как органические, так и неорганические токсиканты (в т. ч. тяжелые металлы) и осуществляется их последующий транспорт в надземные органы растений. По завершении фазы роста и процессов транслокации надземные органы растений удаляются и подлежат соответствующей переработке. Растения следует отбирать экспериментально, исходя из фиторемедиационных особенностей самих растений и почвенно-климатических характеристик участка почвы, подлежащего восстановлению. При очистке почв парников эта технология оказалась особенно эффективной.

После подобной обработки зараженного объекта фитомасса растений может служить источником для выделения тяжелых металлов. Для этого растения-ремедиаторы сжигают и из золы восстанавливают тяжелые металлы. Известны и другие случаи утилизации фитомассы, полученной после фитоэкстракции. Биомассу растений, содержащую Se, использовали как добавку в корм животным при условии, что она не токсична. Биомассу растений, содержащую цинк и медь, можно использовать в качестве удобрений для почв, испытывающих нехватку цинка и меди как эссенциальных микроэлементов [134].

Эффективность фитоэкстракции для каждого конкретного случая должна определяться на основе полученных данных. Она может быть оценена по продолжительности её применения от начала до достижения полного восстановления зараженных почв, что в среднем занимает 10-20 лет с учетом того, что уровень загрязнения почвы не будет токсичным для роста растений-фиторемедиаторов. Время, затраченное на очистку, будет в первую очередь зависеть от степени загрязненности почв, от свойств этих почв и используемых растений. Естественно, биомасса растений, содержащих повышенную концентрацию тяжелых металлов, должна быть соответствующим образом переработана. Часто выделение тяжелых металлов из золы обходится дороже их себестоимости, в таком случае фитомассу сжигают или используют для компоста в зависимости от содержания токсиканта [135].

Важным критерием при определении эффективности растений, используемых в фитоэкстракции, является так называемый коэффициент фитоэкстракции. На основе данных зарубежных авторов известно, что оценкой аккумулирующей способности растений по отношению к ТМ служит понятие «фитоэкстрагирующий потенциал» (ФЭП). Его величина зависит от мобильности тяжелых металлов в почве и доступности их для растительных организмов. ФЭП растения составляют следующие параметры:

- биоконцентрационный фактор (БКФ) (или коэффициент биологического накопления) - отношение концентрации металла в корнях растения к его содержанию в почве;
- транслокационный фактор (ТФ)- отношение концентрации металла в побегах к его содержанию в корнях.

Именно по этим коэффициентам осуществляется селекция растений для фитоэкстракции [134].

В отношении к тяжёлым металлам некоторые растения обладают свойствами супераккумуляции. Примером является горчица сарептская (*Brassica juncea*), в клетках и межклетниках которой накапливается от 1 до 1,7 % цинка. Многие растения семейства крестоцветных обладают высокой аккумулярующей способностью к целому ряду тяжёлых металлов, также обнаружены гипераккумуляторы и среди других семейств. Аграриям-практикам хорошо знаком широкий спектр растений (около 400 разных видов), депонирующих токсичные металлы, такие как Zn, Ni, Se, Co, Си, Mn, Pb. На сегодняшний день для свинца известно 30 видов растений-гипераккумуляторов, для кобальта - 26, меди - 24, цинка- 18, марганца - 8, кадмия - 1.

Природные сверхнакопители ТМ. Растения-гипераккумуляторы имеют ограниченные пределы накопления ТМ в своих органах, для каждого металла порог аккумуляции индивидуален. Данные растения преодолевают большинство физиологических барьеров, препятствующих поступлению металлов в побеги. Сверхнакопители ТМ проявляют толерантность к их токсическому действию. В природе растения - гипераккумуляторы чаще всего приурочены к зонам сильного загрязнения металлами или же к местностям, где содержание металлов в почвах необычайно высоко. Первыми наземными растениями, описанными как сверхнакопители тяжелых металлов, были представители рода *Thlapsi*, которые имеют способность к накоплению цинка, кадмия и свинца, а также представители рода *Alyssum*, накапливающие никель. Значительный интерес представляют аккумулятор цинка (*Thlapsi caerulescens*), аккумулятор свинца (*Armeria maritime*) и два африканских вида

растений (*Aeolanthus biformifolius* и *Hawnaniastrum katangense*), способные накапливать медь и кобальт». Хронологически позднее были описаны гипераккумуляторы селена и свинца - *Brassica juncea* и *Brassica nigra* [134].

Очень часто в качестве накопителей выступают и обычные полевые культуры - подсолнечник и фасоль. Растения-сверхнакопители произрастают в основном на загрязненных металлами почвах и депонируют их в побегах до содержания, на 1-3 порядка превышающего концентрации металлов в органах произрастающих рядом растений не гипераккумуляторов. В литературе описано сверхнакопление (% от биомассы надземных органов) для таких металлов как кадмий (до 0,2 %), кобальт (до 1,2 %), никель (до 3,8 %) и цинк (до 4 %) [98].

Все данные, отражающие накопление ТМ растениями, подтверждают целесообразность современных экологических фитотехнологий. В технологическом плане приемы фитоэкстракции делят на два разных способа - индуцированную и непрерывную. В первом методе используются специальные хелатирующие агенты, которые образуют с металлами растворимые комплексы. Классическим примером хелаторов служат ЭГТА (для кадмия), ЭДТА (для свинца), цитрат (для урана). Тяжёлый металл, находящийся в составе такого комплекса, легко усваивается растениями и интенсивно транспортируется по сосудам ксилемы в побеги растений. Непрерывная технология фитоэкстракции отличается долгосрочностью. В основе этого способа лежит применение растений-супераккумуляторов.

Следует отметить, что индуцированная фитоэкстракция это более развитый технологический прием, популярный с коммерческой точки зрения. В свою очередь непрерывная фитоэкстракция довольно успешно применяется в случаях загрязнения почвы такими металлами, как ртуть, цинк, мышьяк, кадмий, никель, хром. Важным детоксикационным процессом, безусловно, является связывание металлов с органическими соединениями, существенно влияющими на их токсичность.

К числу специфических факторов, безусловно определяющих экологический потенциал растений, должна быть отнесена способность растений извлекать из почвы и водоемов соединения неметаллов и разбавлять их в воздухе. Примером могут служить растения, накапливающие и не накапливающие селен. Они удаляют данный элемент из почвы транспортом через надземные и подземные органы и превращением в летучие соединения (H_2Se) с последующим испарением листьями и разбавлением в воздухе.

Важнейшей особенностью метода фиторемедиации является его экономическая выгода по сравнению с механическими, химическими и другими ремедиационными технологиями. В целом фиторемедиация как метод очистки почв в виду своей малой изученности и невысокой степени внедрения в практику экологических технологий занимает не самое высокое место в рейтинге популярных технологий детоксикации загрязненных почв. Однако при дальнейшем изучении и разработке технологий фиторемедиации как рентабельной и экологически чистой технологии она непременно будет превалировать над физико-химическими методами [134, 135].

1.6. Природно-климатические условия города и здоровье населения Каракол

Город Каракол - административный центр Иссык-Кульской области, с населением (2016) - 73 тыс. человек [113]. В 1889-1922 и 1939-1992 гг. носил название Пржевальск. Город расположен в восточной части области, у подножья хребта Тескей-Ала-Тоо, в среднем течении реки Каракол, в 12 км от побережья озера Иссык-Куль, на высоте 1690-1850 метров над уровнем моря. Климат города Каракол определяется её положением в поясе умеренных широт, удалённостью от значительных водных объектов. Всё это обуславливает черты континентальности и засушливости, чётко выраженные времена года. Высокое гипсометрическое положение обуславливает увеличение облачности и осадков

по сравнению с соседними равнинными районами, сглаживание амплитуд годового и суточного хода температуры. Значительная расчленённость рельефа делает климат области весьма разнообразным - от резко континентального до морского. Важнейшими характеристиками климата является солнечное сияние и солнечная радиация. Среднегодовая продолжительность солнечного сияния по городу составляет 2500- 2900 ч в год. Важную роль в климат образовании играет атмосферная циркуляция. В холодную часть года территория города большую половину времени находится под воздействием отрога Сибирского антициклона, что обеспечивает преобладание малооблачной морозной погоды. Ухудшение погоды связано с прохождением холодных атмосферных фронтов Севера - Запад, Запад и Север, с выходами южных циклонов и с волновой деятельностью. В летние месяцы Средняя Азия находится в стороне от основных воздушных течений, здесь часто формируются малоградиентные поля пониженного давления, для которых характерно развитие конвективной облачности во 2-й половине дня, выпадение слабых ливневых дождей. Повторяемость фронтальных процессов значительна, но существенных изменений в погоде холодные вторжения не вызывают, т. к. проходя над пустынями воздух прогревается. Климат в городе Каракол умеренно-континентальный, с элементами горного и морского [10, 70].

Самыми жаркими месяцами в городе являются июнь, июль и август. Но последний весенний месяц май также нередко бывает жарким с температурой достигающей до 30⁰С. Весной во время начала вегетации растений нередко отмечается возврат холодов, что является причиной гибели цветов и молодых побегов. Абсолютный минимум температура по многолетним данным может составлять -7,1⁰С в апреле и -5,4⁰С в мае. На территории Иссык-Кульской котловины климат изменяется от жаркого до засушливого в долинах, до холодного и влажного на высоких горных хребтах Кунгей и Тескей Ала-Тоо, где образуются вечные ледники и снега. Существенное влияние на климат города оказывает незамерзающее озеро Иссык-Куль, которое способствует некоторому смягчению его континентальности. Самые теплые месяцы в

нижнем и среднем подпоясах, июль и август, самый холодный – январь (табл. 1.1). Годовая амплитуда температуры воздуха составляет примерно 24°C. Это является свидетельством умеренности климата района исследований. Годовые колебания температуры в Иссык-Кульской котловине небольшие. Как известно, в климатологии годовую амплитуду температуры принято считать мерой континентальности. По годовой амплитуде климат большей части Иссык-Кульской котловины можно отнести к типу морского (с амплитудой менее 22°), и только восточная часть котловины имеет климат континентально-морской с несколько большей годовой амплитудой. Величина безморозного периода довольно непостоянна. Она меняется с запада на восток и от долин к горам. Если на высоте над ур.м. 1770 м (Каракол) безморозный период равен в среднем 151 дню, то на высоте 2036 м - 132, и на высоте 2560 м - 95 дням. Сложный горный рельеф оказывает значительное влияние на режим всех метеорологических величин и создает климатические различия даже на сравнительно небольшой площади. Особенно своеобразные климатические условия складываются в Иссык-Кульской котловине, нижнюю часть которой занимает незамерзающее озеро [79, 102, 107].

Таблица 1.1 - Климатическая характеристика по данным метеостанции «Каракол»

Месяцы	Температура воздуха С°			Кол-во осадков	Снежный покров	Относит Влажность %
	Средняя много лет.	Абсолютная				
		max	min			
Январь	-6,6	8,0	-21,5	13	34	69
Февраль	-6,2	10,0	-21,4	11	38	68
Март	0,2	18,0	-13,0	23	14	68
Апрель	7,1	25,0	-7,1	39		58
Май	12,1	30,0	-5,4	58		58

Июнь	15,1	30,0	1,3	57		61
Июль	17,1	31,0	0,7	61		62
Август	16,4	30,0	1,1	55		63
Сентябрь	6,1	24,0	-11,1	35		63
Октябрь	6,1	24,0	-11,1	35		63
Ноябрь	-0,3	17,0	-21,7	29	13	67
Декабрь	-4,0	12,0	-20,7	17	14	67
Среднее	5,8	24,5	-15,7	433(за год)		64

Влияние водной массы озера Иссык-Куль на температуру воздуха в летнее время почти незаметно; зимой незамерзающее озеро оказывает смягчающее влияние на климат. Повышение средней суточной температуры до 0°C и выше (начало весны) происходит на побережье в период 6-18 марта (позже - на востоке котловины). Наименьшая относительная влажность воздуха обычно бывает в теплое время года, наибольшая холодное, но никогда не опускается ниже 50%. Влажность растет с увеличением абсолютной высоты местности.

Максимум осадков выпадает летом, с мая по август, минимум - зимой. Устойчивый снежный покров отсутствует в западной части Прииссыккулья, в районах от г. Балыкчи до г. Чолпон-Ата- по северному берегу и до с. Тамга - по южному. Далее к востоку устанавливается снежный покров, мощность которого, увеличиваясь по мере движения на восток, достигает 45 см в районе Тюпского залива.

Ветровой режим в Прииссыккулье отличается чрезвычайным разнообразием вследствие сложного рельефа. Высокие горы образуют барьер на пути западных ветров из Атлантики. Скорость ветра в общем небольшая - 3-5 м/сек. Большой силой отличаются ветры на западном и восточном

побережьях оз. Иссык-Куль, дующие с горных склонов к озеру. На западном побережье наблюдаются штормовые ветры, достигшие 20-30 м/сек, а нередко даже 40 м/сек. В некоторых случаях вторжение холодного воздуха в Иссык-Кульскую котловину осуществляется с востока, через перевал Сан-Таш, но восточные ветры уступают как по скорости, так и по продолжительности западным [102, 107].

Почвы города Каракол. Каракольская почвенная подпровинция ограничивается Иссык-Кульской котловиной, представляющей собой типичную для Центрального Тянь-Шаня глубокую тектоническую впадину, ограниченную с Севера и Юга хребтами и Тескей Ала -Тоо. В данной подпровинции четко выражена горизонтальная и вертикальная поясность почв. Особенность почвенного покрова этого округа состоит в наличии серо-бурых пустынных каменистых почв, которые нигде, кроме этого района, нет. Наряду с этими почвами на равнинах распространены светло-бурые почвы. Местами благодаря сухости климата они высоко приподняты. На склонах гор встречаются каштановые, субальпийские и альпийские лугово-степные почвы. Распространены светло- и темно-каштановые, черноземные, горно-лесные остаточнок-карбонатные, а местами кислые, субальпийские черноземовидные, лугово-степные субальпийские и альпийские, полуторфянистые выщелоченные почвы [9, 90, 91].

Почвенный покров городской территории Каракола представлен естественными почвами разной степени нарушенности и почвами антропогенного происхождения (почвогрунтами или, как их сейчас принято называть, урбаноземами). Основная масса почв в городе находится под слоем асфальта, под домами и под газонами. Естественные почвы можно встретить лишь на участках естественных насаждений в парках, находящихся в черте города. Система горизонтов в городских почвах, их мощность, морфологическая выраженность на разных участках городской территории сильно изменяются. Наблюдается полное исчезновение некоторых горизонтов (A_1 , A_1A_2 , A_2B) или нарушение их последовательности, появление отбеливания

и оглеения на контакте слоев разного гранулометрического состава. В городских почвах отсутствуют горизонты А, АВ, часто и горизонт В₁, встречаются включения мусора, обломков кирпича и т. п. Почвы разной степени нарушенности, как правило, приурочены к периферийным участкам, селитебным зонам. Эти почвы сочетают в себе ненарушенную нижнюю часть профиля и антропогенно нарушенные верхние слои. По способу образования верхний слой может быть насыпным, перемешанным или перемешанно-насыпным. Нарушение может затрагивать гумусово-аккумулятивный горизонт, а может достигать иллювиальных горизонтов. Так, профиль дерново-подзолистой слаборазрушенной почвы имеет следующее строение: U↑↓ (0...25 см) - урбанизированный слой, образованный в результате перемешивания почвенных слоев, темно-серый, с включениями кирпичей, бытового мусора; далее следуют горизонты: А₂В, В₁, В₂ и С. Профиль дерново-подзолистой сильно нарушенной почвы включает горизонты: U_{1h}(0...15см) - урбанизированный гумусированный слой темно-серого или серого цвета с включениями; U_{2h}↓ (15...50 см) - урбанизированный слой с потечным гумусом по ходам корней, серого или светло-серого цвета, содержит обилие включений бытового или промышленного характера; постепенно переходит в горизонт В₁ далее в горизонты В₂ и С [90].

Для большинства почвогрунтов городов характерно отсутствие генетических почвенных горизонтов А и В. Почвенный профиль представляет собой сочетание различных по окраске и мощности антропогенных слоев с включениями бытового, строительного, промышленного мусора (U₁, U₂, U₃ и т.д.). Такие почвогрунты, или урбаноземы, характерны для центральной части городов и территорий новостроек. Своеобразный почвенный профиль имеют почвы газонов и скверов. Он отличается большой мощностью гумусового горизонта и перегнойно-торфокомпостного слоя (70...80 см и более), который развивается в нижней иллювиальной части почвенного профиля. По сравнению с природными условиями в городе происходит изменение всех факторов почвообразования, главным из которых является деятельность человека [91].

Сильно изменяется тепловой режим почвогрунтов. Температура почвы на поверхности в среднем на 1...3 °C (10 °C) выше, чем окружающей местности. В большей степени это наблюдается на автомагистралях и в районах с высокой плотностью застройки. Изнутри почвы подогреваются городской теплосетью. В связи с этим происходит ранний сход снега, увеличивается вегетационный период растений. Наличие в городе значительных водонепроницаемых участков с пониженной инфильтрационной способностью обуславливает существенное изменение дренажного процесса. Это проявляется в уменьшении времени, увеличении объема и интенсивности стока, что приводит к усилению процессов эрозии, а также к смыву почв. Вследствие таких неблагоприятных явлений происходит уменьшение запасов влаги в корнеобитаемом слое [9, 90, 91].

В городах наблюдается нивелирование форм рельефа: засыпание оврагов, срезание холмов и склонов. Характерной особенностью почв городов является отсутствие подстилки, а там, где она имеется, ее мощность очень мала (не более 2 см). Гранулометрический состав почв и почвогрунтов преимущественно легкосуглинистый, реже супесчаный и среднесуглинистый. Примесь скелетного материала в антропогенно нарушенных почвах достигает 40-50 % и более. В почвогрунтах присутствуют включения бытового характера. Вследствие высокой рекреационной нагрузки наблюдается сильное уплотнение поверхности почвогрунтов. Плотность сложения в основном составляет 1,4...1,6 г/см³, а на селитебных участках - до 1,7 г/см³. Отличительная особенность городских почв - высокое значение pH. Обменная кислотность в среднем составляет 4,7...7,6, что значительно выше, чем в почвах близлежащих территорий (3,5...4,5). Следует отметить, что формирование почвенного покрова происходит при активной смене почвообразующих пород, дроблении структуры за счет частичного запечатывания искусственными покрытиями, амортизации или деградации вплоть до полной замены почв на отдельных участках. Абсолютная максимальная температура на поверхности почвы наблюдается в июле-августе иногда во второй-третьей декадах июня и

достигает 60С°. Градиент падения температуры почвы с увеличением высоты местности выше, чем воздуха, что приводит к снижению биологической активности в почве и резко сокращает рост растений [9, 90, 91].

Растительность города Каракол. Город Каракол по характеру растительного покрова неоднороден. Ассортимент древесных и кустарниковых растений довольно обширный и представлен в основном интродуцированными видами растений. Наиболее часто встречаются тополя белый и пирамидальный. Из лиственных пород небольшую долю в озеленении составляет береза повислая и вяз перистоветвистый. Единично имеются ясень зеленый, липа мелколистная, дуб черешчатый, каштан конский, орех грецкий, различные виды кленов. На частных подворьях выращиваются плодовые и косточковые культуры, такие как яблоня, груша вишня, слива, абрикос. Кустарниковые породы представлены сиренью, роза, форзиция [26, 78].

Город Каракол считался одним из наиболее опрятных городов Кыргызстана. Он имел строгую прямоугольную планировку, утопал в зелени садов. Общая площадь озеленяемой территории города Каракол составляет 40,8 га в том числе: центральный Сквер - 4,3 га, сквер на территории спортивного стадиона - 5,2 га, сквер «Тагай-Бий» - 0,42 га, парк «Женишбагы» - 8 га, парк культуры и отдыха имени А.С Пушкина – 12 га, сквер Дома моряков - 0,55 га, сквер ОГА - 0,45 га, клумбы и цветники по городу - 0,40 га.

Повышенная загазованность и запыленность воздуха, особенности температурного и водного режима воздуха и почвы, неблагоприятные химические и физико-механические свойства почвы, наличие каменных, бетонных и металлических поверхностей, мощение и асфальтовое покрытие улиц и площадей, наличие подземных коммуникаций и сооружений в зоне корневой системы, интенсивный режим использования городских насаждений населением обуславливают специфичность экологической среды города и ее

резкое отличие от естественной обстановки, в которой сформировались биологические и экологические особенности растений [78].

Здоровье населения города Каракол. Процессы, характеризующие характер заболеваемости, сложны и противоречивы, и в целом, их можно рассматривать как ответную реакцию организма человека на изменения социально-экономической и экологической среды. В 70-х годах XX века, по данным ВОЗ, состояние смешанных контингентов людей в разных странах в среднем на 50-60 % зависело от экономической обеспеченности и образа жизни, на 18-20 % от состояния окружающей среды и на 20-30 % от уровня медицинского обслуживания. Современной гигиенической наукой установлено, что загрязнение окружающей среды повышает уровень заболеваемости населения в среднем на 20 %. Развитие промышленности, городских агломераций, увеличение потока автотранспорта и шума существенно влияют на окружающую среду, и как следствие - на здоровье населения в целом.

Численность населения г. Каракол на 2017 год составила 75,1 тыс. человек, среди них 35,1 тыс. мужчины, 40 тыс. женщины [113]. Так, по данным Иссык-Кульского областного медицинского информационного центра, за последние три года (2016-2018) наблюдается тенденция роста уровня заболеваемости населения г. Каракол, как среди взрослых и подростков старше 14 лет, а также детей до 14 лет (рис. 1.1).

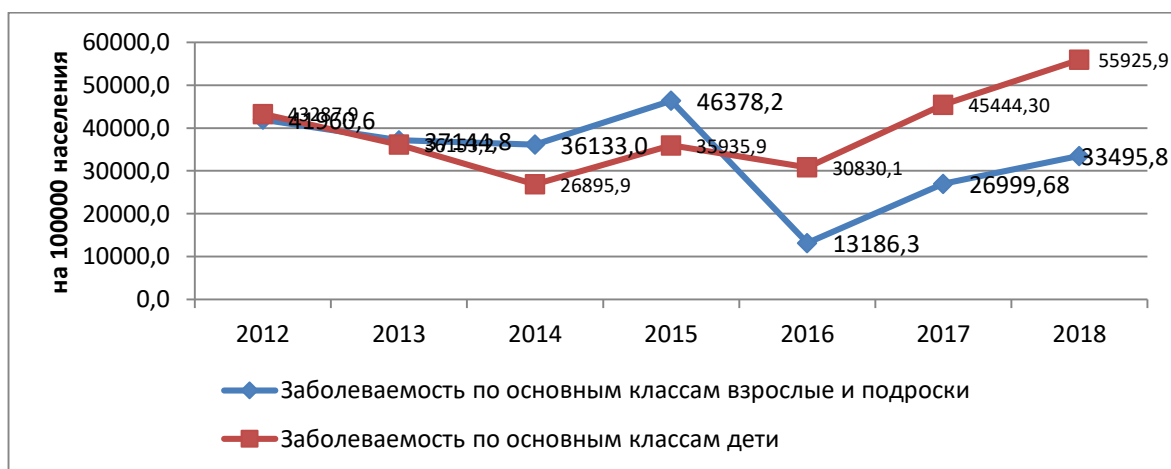


Рис. 1.1. Заболеваемость по основным классам взрослые и дети за 2012-2018 гг.

Основной вклад в формирование заболеваемости взрослого населения города вносят болезни органов моче-половой системы (21%), дыхания (17%), пищеварения (14%). У детей преобладают болезни органов дыхания (42%) (табл. 1.2, рис. 1.2, рис. 1.3).

Таблица 1.2 – Заболеваемость по основным классам взрослые и подростки по г. Каракол на 2018 год

№	Заболеваемость	Взрослые		Дети	
		Абс. число	На 100000 населения	Абс. число	На 100000 населения
1	Некоторые инфекционные и паразитарные болезни	531	1106,0	1445	7010,1
2	Новообразования	207	431,1	10	48,5
3	Болезни крови, кроветворных органов, нарушения иммунных механизмов	276	574,9	425	2061,8
4	Болезни эндокринной системы, расстройства питания	438	912,3	87	422,1
5	Психические расстройства и расстройства поведения	112	233,3	29	140,7
6	Болезни нервной системы	270	562,4	1383	6709,4
7	Болезни глаза и его придатков	986	2053,7	85	412,4
8	Болезни уха и сосцевидного отростка	492	1024,7	638	3095,1
9	Болезни органов кровообращения	1337	2784,7	34	164,9
10	Болезни органов дыхания	2771	5771,5	4836	23460,9
11	Болезни органов пищеварения	2280	4748,8	878	4259,5
12	Болезни кожи и подкожной клетчатки	1022	2128,6	993	4817,4
13	Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани	499	1039,3	33	160,1
14	Болезни мочеполовой системы	3453	7191,9	199	965,4
15	Отдельные состояния, возникающие в перинатальном период	745	1551,7	0	0,0
16	Врожденные аномалии (пороки развития)	0	0,0	10	48,5
17	Симптомы, признаки и неточно обозначенные состояния	112	233,3	140	679,2
18	Травмы и отравления - всего	31	64,6	60	291,1
	ВСЕГО	16082	33495,8	11528	55925,9

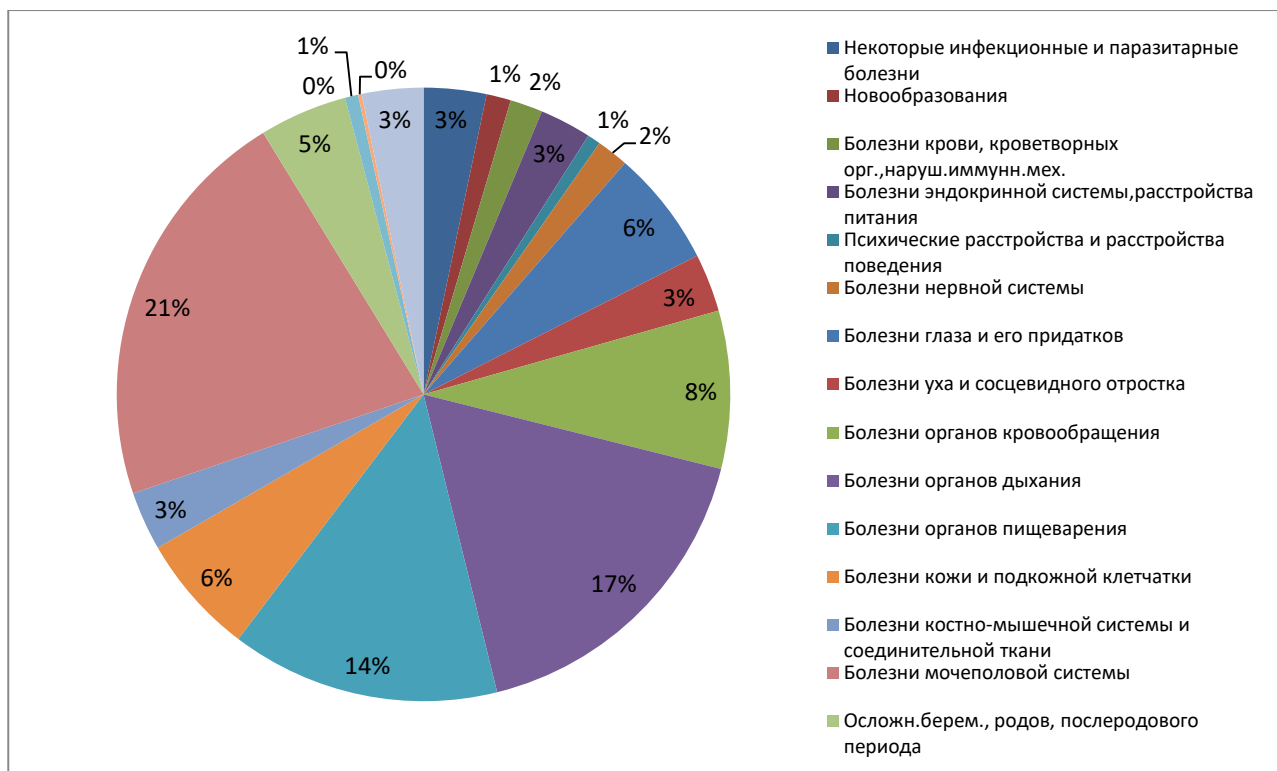


Рис.1.2. Заболеваемость по основным классам болезней взрослых и подростков по г. Каракол на 2018 год (%)

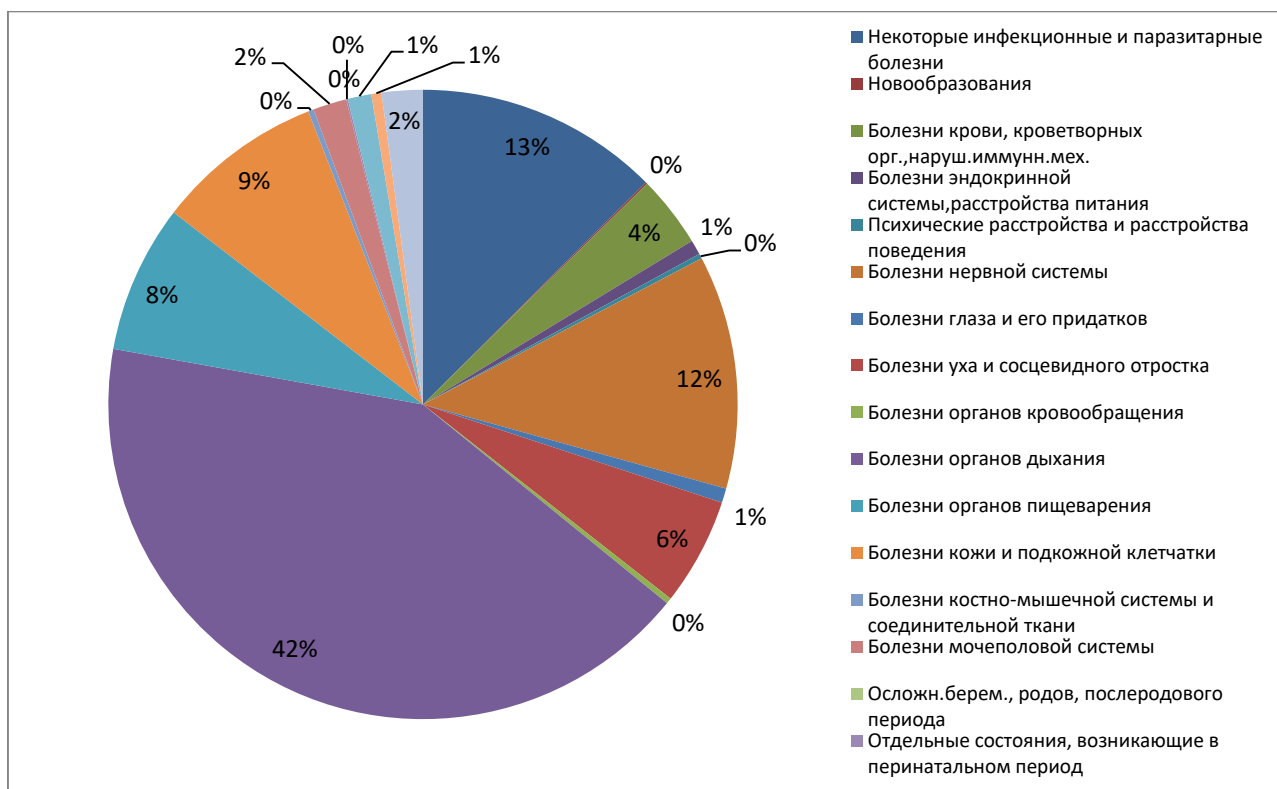


Рис.1.3. Заболеваемость по основным классам болезней детей по г. Каракол на 2018 год (%)

Резюме по главе 1

В обзоре литературы представлена информация о ранее проведенных эколого-биогеохимических и радиоэкологических исследований в Кыргызстане, дана постановка существующей проблемы в отдельных регионах. Дается обзор литературных данных по проблеме загрязнения биосферы тяжелыми металлами и радионуклидами, их биологическом действии на живые организмы, фиторемедиации антропогенно нарушенных почв. Охарактеризованы природно-климатические условия бассейна реки Каракол, информация о заболеваемости населения города Каракол.

Так как распределение тяжелых металлов и радионуклидов в природно-техногенных экосистемах бассейна реки Каракол является недостаточно изученным аспектом, необходимо проведение научных эколого-биогеохимических и радиоэкологических исследований в данном регионе.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Объекты исследования

2.1.1. Вода

Река Каракол берет начало из Каракольского ледника с северного склона Терской Ата-Тоо на абсолютной высоте 5200 метров и впадает в озеро Иссык-Куль. Протяженность реки, примерно составляет 50 км., площадь водосборного бассейна - 394 км². В течение года расход воды в реке Каракол подвержен значительным изменениям, наибольшая его величина приходится на июль (18 м³/с), наименьшая – март (1,66 м³/с) [72].

Отбор проб воды соответственно был произведен в периоды межени (март 2016, 2017, 2018 гг.) и в период максимального поверхностного стока (июль 2016, 2017, 2018), согласно ГОСТ Р 51592 – 2000 «Вода. Общие требования к отбору проб» и регламентом качества поверхностных и сточных вод утвержденные приказом ГАООС и ЛХ при ПКР №2 от 2017 [34, 40].

В настоящее время город Каракол сталкивается экологическими проблемами очистки сточных вод. Очистительные сооружения сточных вод г. Каракол, проектной мощностью - 22000 м³, день были построены в 70-х годах XX-века с использованием технологии продолженной аэрации, но пришли в обветшалое состояние, плохо очищенная сточная вода является потенциальным источником загрязнения окружающей среды. В июле и в октябре 2017 года нами были отобраны разовые пробы сточных вод очистительных сооружений г. Каракол на разных стадиях очистки (решетки, песколовки; первичные, вторичные отстойники; биопруды; на выходе очистных сооружений). В местах отбора проб воды был произведен отбор проб илистых осадков сточных вод с иловых площадок.

Химический анализ проб воды реки Каракол, сточных вод очистных сооружений г. Каракол с определением минерализации, жесткости, содержания кальция, магния, натрия, калия, хлоридов, сульфатов, pH, гидрокарбонатов, карбонатов, нитратов, нитритов, аммония, БПК₅, микроэлементов выполнен в

Центральной лаборатории Государственного агентства по геологии и минеральным ресурсам КР. Определение суммарной альфа и бета-активности радионуклидов в пробах воды проведено в лаборатории биогеохимии и радиозэкологии института Биологии НАН КР.

2.1.2. Почва

Верхняя зона бассейна реки Каракол относится к территории Государственного природного парка «Каракол» (ГПП «Каракол»), протяженность реки в пределах границ парка составляет 19 км. На территории ГПП «Каракол» было заложено 4 контрольных участка с горными светло- и темно-каштановыми почвами.

На территории г. Каракол было выбрано 11 контрольных участков с горно-долинными светло-каштановыми, горно-долинными каштановыми почвами. С каждого контрольного участка были отобраны объединенные пробы почв гумусового слоя (0-30 см). Отбор проб почв производился согласно ГОСТ 17.4.4.02-84 [33].

В настоящее время город Каракол сталкивается с экологическими проблемами утилизации твердых бытовых отходов. Каракольская свалка расположена примерно в 9 км от северо-западной части центра города. Юго-западная сторона участка граничит с дорогой от г. Каракол до с. Пристань. Речка Кара-Суу проходит в пределах 100 метров от северного конца участка; она впадает в озеро Иссык-Куль в 3 км к северо-западу. Около 700 метров к юго-западу от участка имеется водохранилище площадью 340 гектаров, используемое для орошения сельскохозяйственных земель. Восточная и западная стороны свалки граничат с кустарниковыми зарослями, которые ведут к пахотным землям. Полигон представляет собой карьер площадью 4 га, не имеющий противифльтрационные экраны, уловителей и обработки фильтрата, следовательно, является потенциальным источником загрязнения окружающей среды. В мае 2016 года нами был произведен отбор проб почв в районе полигона и за его пределами.

Общий анализ почвы был проведен в Республиканской почвенно-агрохимической станции следующими методами: содержание гумуса почвы по Тюрину, механический состав почвы по Качинскому, pH по методическим указаниям ЦИНАО, валовый азот, фосфор и калий по Мещерякову, емкость поглощения почв методом Бобко-Аскинази, обменный фосфор и калий по Мачигину, анализ водной вытяжки по ГОСТу 26424-25-26-27-28-85.

Определение микроэлементов в пробах почв было проведено методом спектрального анализа в центральной лаборатории Государственного агентства геологии и минеральных ресурсов КР по методике ОМГ 6-01 «Определение атомного состава проб атомно-эмиссионным приближенно-количественным методом испарения пробы из канала угольного электрода».

2.1.3. Растения

Для определения уровней содержания микроэлементов в растениях был произведен отбор проб хвои сосны (*Pinus sylvestris*), ели Шренка (*Picea schrenkiana*), листья тополя черного (*Populus nigra*), дуба черешчатого (*Quercus robur*), вяза мелколистного (*Ulmus pumila*), ивы линейнолистной (*Salix linearifolia*). Укосы дикорастущих растений были представлены такими видами как полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris*), марь белая (*Chenopodium album*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*), мятлик луговой (*Poa pratensis*), костер безостый (*Bromopsis inermis*) и др. Отбор проб растений был произведен согласно установленных методических рекомендаций применяемые в биогеохимических исследованиях [40, 105, 115].

Определение химических элементов в пробах золы растений было проведено методом спектрального анализа в центральной лаборатории Государственного агентства геологии и минеральных ресурсов КР по методике ОМГ 6-01 «Определение атомного состава проб атомно-эмиссионным приближенно-количественным методом испарения пробы из канала угольного электрода».

2.2. Методы исследования

2.2.1. Химические и спектральные методы анализа

Центральная лаборатория Государственного комитета промышленности, энергетики и недропользования проводит анализы горных пород, руд, продуктов их переработки, минералов, почв и грунтов, природных вод, рассолов, твердых горючих ископаемых. Центральная лаборатория имеет Аттестат аккредитации №КГ 417/КЦА.ИЛ.026. Настоящий аттестат удостоверяет, что Центральная лаборатория аккредитована в соответствии с международным стандартом ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009. В область аккредитации включены 57 видов анализов.

Группа химического анализа выполняет:

- анализ минерального сырья на содержание золота с чувствительностью от 0,005г/т пробирным, атомно-абсорбционным, химико-спектральным методами;
- анализ минерального сырья на содержание серебра с чувствительностью от 0,3г/т, платины, палладия - от 0,03 г/т;
- анализ горных и глинистых пород, руд, продуктов их переработки по определению содержаний в них кремния, железа, алюминия, титана, марганца, натрия, калия, серы, фосфора, кальция, магния, мышьяка, вольфрама, сурьмы, молибдена, олова, никеля, меди, цинка, свинца, кобальта, кадмия, урана, др.
- химический анализ почв, грунтов, водорастворимых и кислоторастворимых солей;
- химический анализ природных вод (пресных и соленых) с определением минерализации, жесткости, содержания кальция, магния, натрия, калия, хлоридов, сульфатов, рН, гидрокарбонатов, карбонатов, нитратов, нитритов, аммония, фтора, йода, урана, железа, ртути, никеля, мышьяка, хрома, марганца, меди, цинка, свинца, кадмия;
- фазовый анализ горных пород и руд на содержание соединений меди, железа, вольфрама, сурьмы, цинка, свинца и олова, серы.

Группа пробоподготовки. Производит обработку проб горных пород и руд. Имеются соответствующие помещения для сушки и хранения проб. Участок пробоподготовки оснащен дробилками, дробильно-сократительными аппаратами, вибрационными измельчителями, компрессорами, фарфоровыми мельницами, механическими агатовыми ступками. Крупность измельченных частиц доводится до 0,05мм.

Группа спектрального анализа. Выполняет атомно-эмиссионный анализ твердых полезных ископаемых и сухих остатков природных и сточных вод, металлов и сплавов на 44 элемента таблицы Менделеева.

Метод спектрального анализа основан на использовании способности свободных атомов определенных элементов селективно поглощать резонансное излучение определенной для каждого элемента длины волны.

Содержание элемента в пробе определяется значением интегрального аналитического сигнала и рассчитывается по предварительно установленной градуировочной зависимости.

Для автоматической коррекции неселективного поглощения использован метод зеемановской модуляционной поляризационной спектрометрии с высокочастотной модуляцией. Управление работой спектрометра, построение градуировочных зависимостей и расчет результатов анализа проб выполняется при помощи специального программного обеспечения. Дозирование жидкой пробы в графитовую кювету спектрометра производится при помощи автосемплера или вручную, при помощи микродозатора переменного объема.

Спектрометр предназначен для измерений содержаний различных элементов (Ag, Al, As, Au, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Pd, Pt, Rh, Ru, Se, Sn, Sb, Sr, Ti, V, Zn и др.) в водных растворах, пробах пищевых продуктов и продовольственного сырья, биопробах, в атмосферном воздухе, почвах (рис.2.1). Он широко используется в экологическом мониторинге, геологоразведке, контроле технологических процессов, производственной санитарии, научных исследованиях [25].



Рис.2.1. Общий вид спектрометра МГА-915

Спектрометры представляют собой стационарные автоматизированные приборы для лабораторного применения, Конструктивно они выполнены в виде настольного прибора с отдельно устанавливаемым компьютером. Атомно-абсорбционные спектрометры данного типа (с электротермической атомизацией и зеемановским корректором неселективного поглощения) во всем мире признаны в качестве «референтного метода» при определении малых содержаний элементов в пробах сложного состава [40].

2.2.2. Радиоэкологические методы исследований

Изменение мощности экспозиционной дозы. Для проведения гамма – съемки местности использовался дозиметр – радиометр ДКС-96 лаборатории биогеохимии и радиоэкологии института Биологии НАН КР. Измерения проводились в соответствии с инструкциями МАГАТЭ по наземному обследованию радиационной обстановки на высоте 0,1 и 1 метр от поверхности земли. Согласно техническим инструкциям дозиметров, измерения в одной точке проводились не менее трех раз, затем определяли среднеарифметические значения [69].

Дозиметр-радиометр ДКС-96 широко применяется, отличается надежностью и большим выбором блоков, которые позволяют решать все

главные задачи дозиметрии и радиометрии во всех областях деятельности человека. Обеспечивает оперативное измерение всех основных величин, характеризующих радиационную обстановку, и проведение работ по поиску источников всех основных видов ионизирующих излучений. Универсальный прибор для контроля рабочих мест на любых объектах. Прибор дополнен новыми блоками и стационарным измерительным пультом (рис.2.2).



Рис. 2.2. Дозиметр ДКС-96

Гамма-спектрометрический метод. Одним из эффективных методов радионуклидного анализа является гамма-спектрометрический метод, широко применяющийся в радиоэкологических исследованиях для оценки состояния объектов окружающей среды по содержанию в них радионуклидов. Известно, что проблема точной и достоверной оценки радионуклидного состава и потенциальной опасности радиационного воздействия на природную среду, прогнозирование изменения ситуации на загрязненных территориях является чрезвычайно важной. Это связано с большими периодами полураспада как естественный радионуклидов ($^{234,235,238}\text{U}$, $^{232,230,228}\text{Th}$, $^{226,228}\text{Ra}$, ^{210}Pb), так и трансурановых элементов (ТУЭ: $^{238,239,240,241}\text{Pu}$, ^{241}Am , $^{243,244}\text{Cm}$) и осколочных продуктов деления (ОПД: Sr, Cs, I, Tc и др.), их чрезвычайно высокой радиотоксичностью и специфическими особенностями миграции в зоне аэрации [118].

Изучение условий количественного определения каждого радионуклида, который дает возможность определения методических требований и необходимых технических ресурсов для внедрения гамма- спектрометрических исследований естественных радионуклидов рядов U и Th.

Высокая - энергетическая возможность и эффективность регистрации - квантов в широком энергетическом диапазоне обеспечивается гамма - спектрометрами на основе детектора из особого чистого германия (HpGe). Наиболее приемлемыми детекторами, для проведения спектрометрических исследований естественных радионуклидов рядов U и Th в пробах окружающей среды является детектор фирмы “Canberra” [112].

Гамма – спектрометр “Canberra” (модель GX4019 с программным обеспечением Genie-2000 S 502, S501 RUS). Общие методические трудности проведения гамма - спектрометрических измерений радионуклидов ряда - низкий квантовый выход γ - квантов некоторых изотопов (^{234}mPa , ^{234}U , ^{230}Th), необходимость учета эффекта самопоглощения - квантов в исследуемой пробе (^{230}Th , ^{234}Th , ^{210}Pb), высокий собственный фон детекторов от нейтронов космогенного происхождения (для ^{234}U , ^{230}Th), фон от окружающего радона (для ^{214}Pb), фон от радия - радону (для ^{234}U).

Спектрометр состоит из детектора, который служит для преобразования энергии гамма-квантов в электрический импульс, предусилитель, что усиливает сигнал и служит также для развязки детектора с другими приборами, блока питания детектора, спектрометрического усилителя, который имеет форму нужной формы и аналогово-цифрового преобразователя (АЦП), что амплитуду каждого импульса превращают в цифровой код и накапливает информацию о них в памяти (рис. 2.3).

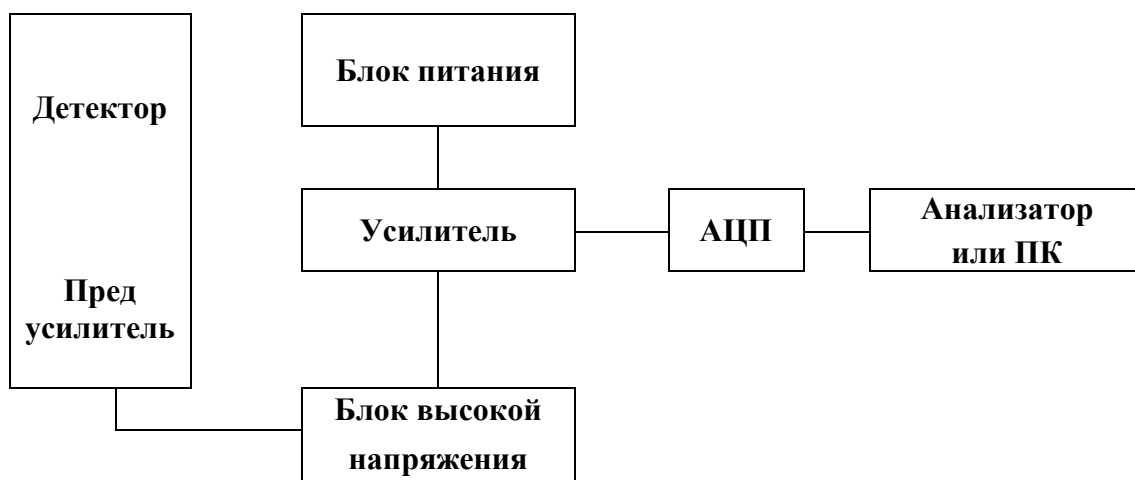


Рис. 2.3 – Структурная схема гамма – спектрометра

Как правило, детекторы гамма-излучения размещают в специальных свинцовых или чугунных контейнерах, которые называются защитой (рис. 2.4).



а)
а) внешний вид; б) детектор в защите.

Рис.2.4. Гамма-спектрометр лаборатории биогеохимии и радиозэкологии института биологии НАН КР

Защищают экран детектора от внешнего фоновое гамма-излучения и, в некоторой мере, от космического излучения. Благодаря этому повышается точность измерений маленьких активностей радионуклидов. Для защиты детектора от внешнего излучения используется пассивная защита (10 см свинца подавляет внешний фон в 100 раз мягкой излучения).

На рис. 2.5 показан истинный спектр излучаемых γ - квантов в равновесии с продуктом своего распада.

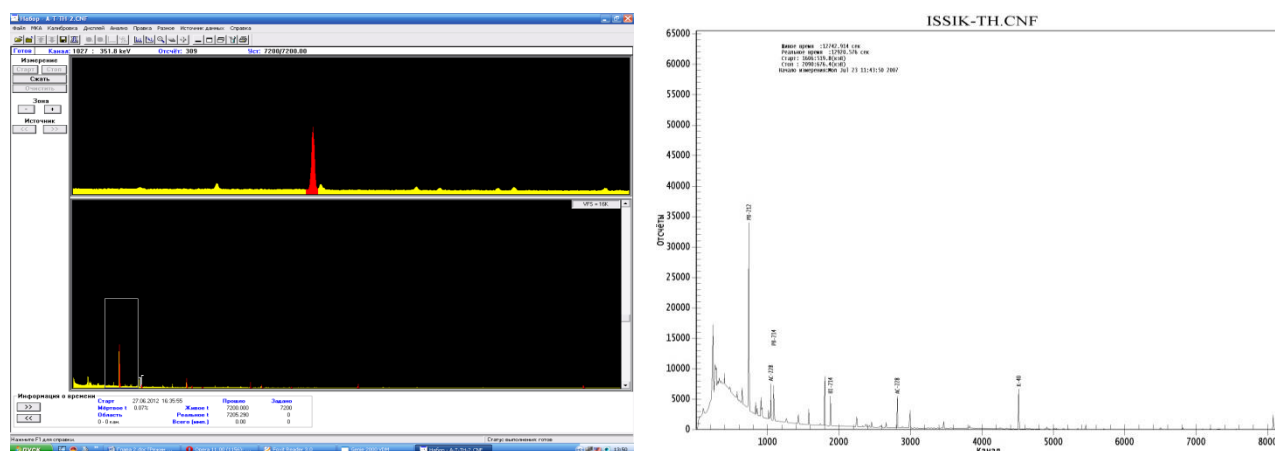


Рис. 2.5. Гамма-спектр пробы почвы

Ряд ^{238}U

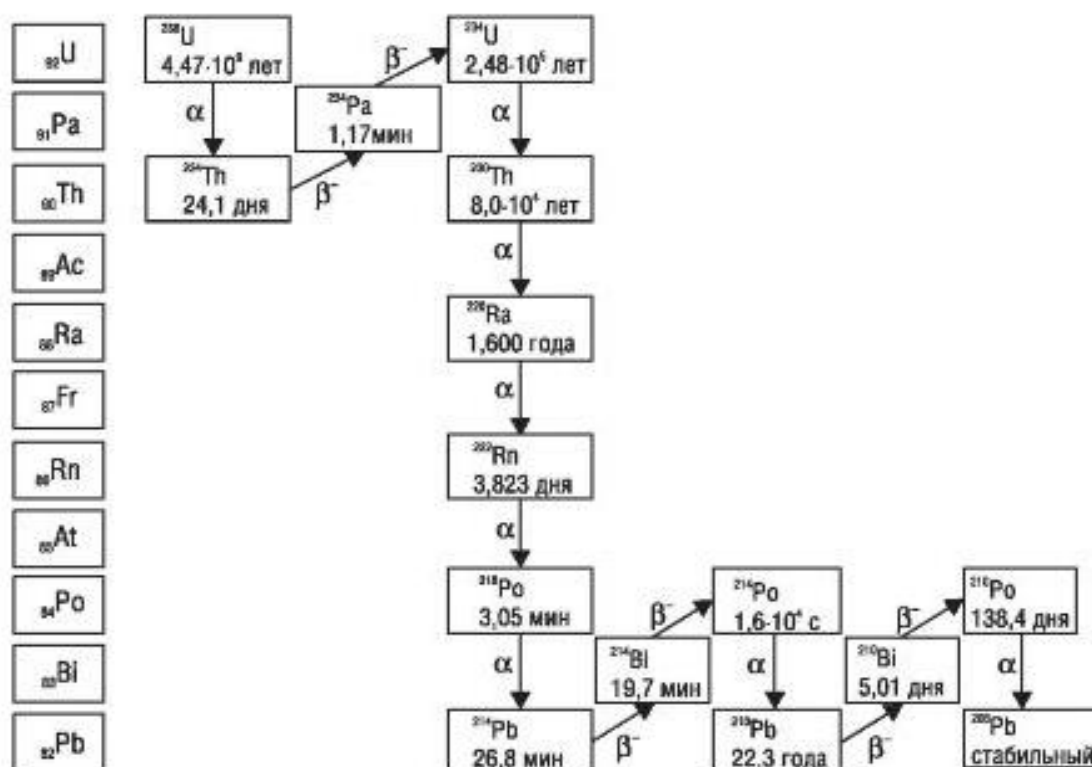


Рис. 2.6. Радиоактивное семейство ^{238}U

Ряд можно представить только семью важными радионуклидами:

^{238}U - ^{234}U - ^{230}Th - ^{226}Ra - ^{222}Rn - ^{210}Pb - ^{210}Po

В таблице 2.1 приведены главные гамма - кванты, которые могут быть использованы для определения этих радионуклидов, энергии и квантовые выходы. В правом столбике дано время, необходимое для достижения равновесия с нуклидом.

Таблица 2.1 - Радионуклиды и их - кванты излучения при спектрометрическом определении нуклидов распада ряда ^{238}U

Измеряемый нуклид ($T_{1/2}$)	Дочерний нуклид ($T_{1/2}$)	Энергия, кеВ	Квантовый выход, %	Время восстановления равновесия
^{238}U $4,468 \times 10^9$ лет	^{234}Th 24,1 день	63,29 92,6*	3,70 5,58*	160 суток
	^{234}mPa 1,17 минут	1001,0	0,835	160 суток
	-	53,2	0,123	-
^{234}U $2,4 \times 10^5$ лет	-	67,7	0,377	-
^{230}Th $7,4 \times 10^4$ лет	-	351,9 295,2	37,10 19,20	25 суток
^{226}Ra 1600 лет	^{214}Pb 26,8 минут	351,9 295,2	37,10 19,20	3,5 час.
^{222}Rn 3,8 суток	^{214}Pb 26,8 Минут	46,5	4,05	-
^{210}Pb 22,26 год	-			

* - сумма E_{γ} - квантов энергии $E_{\gamma} = 92,38 \text{ кеВ}$ и $92,80 \text{ кеВ}$ (квантов и выхода 2,81 и 2,77).

Ряд ^{235}U

Ряд можно представить только тремя важными радионуклидами:

^{235}U , ^{231}Pa , ^{227}Ac

Все три радионуклида могут быть определены в пробах гамма-спектрометрическим методом непосредственно, или по одному, или по

нескольким дочерним нуклидам. В таблице 2.2 приведенные главные гамма - кванты, которые могут быть использованы для определения этих радионуклидов, энергии и квантовые выходы. Методическая трудность проведения гамма - спектрометрических измерений - низкая концентрация ^{235}U и ее дочерних радионуклидов в пробах окружающей среды.

Таблица 2.2 - Радионуклиды и их - кванты излучения при спектрометрическом определении нуклидов распада ряда ^{235}U

Определяемый нуклид ($T_{1/2}$)	Дочерний нуклид ($T_{1/2}$)	Энергия, кеВ	Квантовый выход, %	Время восстановления равновесия
^{235}U $7,03 \times 10^8$ лет	-	143,8 163,4 205,3	10,95 5,08 5,01	-
^{231}Pa 32760 лет	-	283,7 300,0	1,70 2,47	-
^{227}Ac 21 лет	^{227}Th 18 суток	236,0 256,2	12,3 7,0	180 суток
	^{223}Ra 11 суток	154,2 269,4	5,6 13,7	-
	^{219}Rn 3,9 сек	271,2 401,8	10,8 6,4	-

Ряд ^{232}Th

Ряд можно представить только тремя важными радионуклидами:

^{232}Th - ^{228}Ra - ^{228}Th

Кроме ^{232}Th , они могут быть определены гамма-спектрометрическим методом непосредственно, по одному, или по нескольким дочерним нуклидам. В таблице 2.3 приведены главные гамма - кванты, которые могут быть использованы для определения этих радионуклидов, энергии и квантовые выходы.

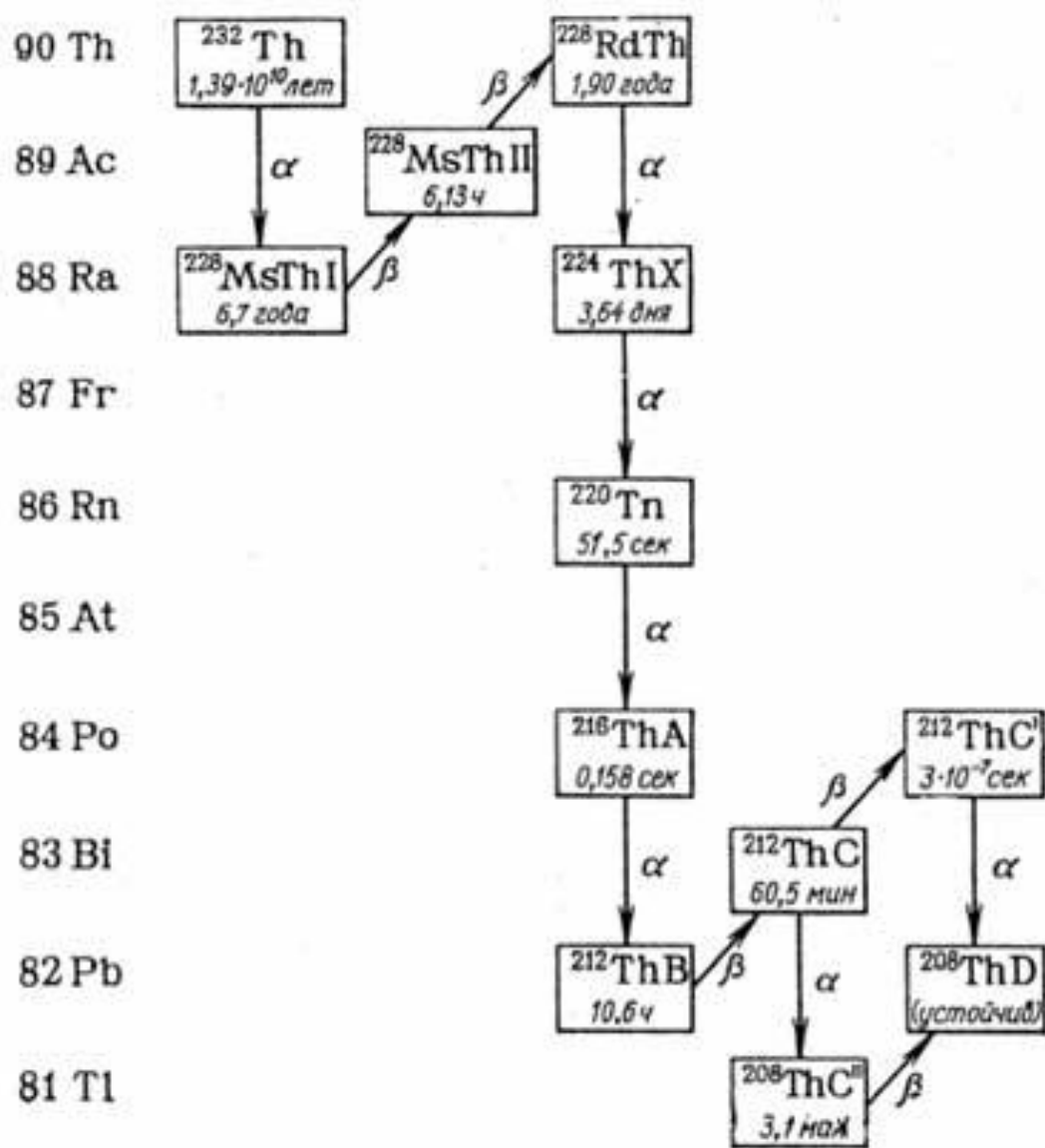


Рис. 2.5. Радиоактивное семейство ^{232}Th

Методические трудности проведения гамма-спектрометрических измерений - фон от естественного окружающего радона (для ^{212}Pb). На основе результатов анализа естественных U - Th рядов, что было приведено в разделе 2.1, следуют требования, что к необходимым ресурсам для выполнения спектрометрических исследований естественных радионуклидов рядов U и Th в пробах окружающей среды:

Таблица 2.3 - Радионуклиды и их - кванты излучения при спектрометрическом определении нуклидов распада ряда ^{232}Th

Определяе мый нуклид ($T_{1/2}$)	Дочерний нуклид ($T_{1/2}$)	Энергия, кеВ	Квантовый выход, %	Время установления равновесия, сутках
^{232}Th $1,41 \times 10^{10}$ лет	не определяется			
^{228}Ra 5,75 лет	^{228}Ac 6,15 год.	338,4 911,2 969,0	11,27 25,8 15,8	2 сутки
^{228}Th 1,91 год	^{212}Pb 10,64 часов	238,6	43,3	26 сутки

Для решения конкретной задачи, учитывают технические характеристики и методические условия применяется:

1. Гамма - спектрометры должны иметь высокое энергетическое разрешение и высокую эффективность регистрации - квантов в широком энергетическом диапазоне (40-2000 кев).

2. Гамма - спектрометры должны иметь низкий собственный гамма - фон и защиту от внешнего излучения и поступление радона.

3. Проведение специальных калибровочных работ по определению эффекта самопоглощения в мягкой области регистрации - излучения (40-100 кев).

4. Разработка методики пробоподготовки проб к измерениям. Обеспечения герметичности и необходимой выдержки проб перед измерением.

5. Обеспечение долгосрочного непрерывного измерения одной пробы в течение 50000 - 150000 сек..

6. Возможность обеспечить необходимую точность измерения.

Определение количественного состава радионуклидов в пробе. Для количественного определения радионуклида в пробе обычно используют пик полного поглощения аппаратного спектра исследуемой пробы. Активность нуклида в пробе на день измерения спектра вычисляется по формуле:

$$A = \frac{S(E_p)D_p}{\eta_e \varepsilon(E_p)t} \text{ [Бк]}, \quad (2.1)$$

где

$S(E_p)$ - площадь пика полного поглощения гамма-излучения с энергией E_p (за вычетом фона); η_e - квантовый выход гамма-излучения с энергией E_p ; $\varepsilon(E_p)$ - абсолютная эффективность регистрации гамма-излучения с энергией E_p в пике полного поглощения; t - "живой" время измерения, сек; D_p - коэффициент, учитывающий эффект каскадного излучения, что приводит к уменьшению (или увеличению) площади пика полного поглощения за счет составления энергии при одновременном попадании в детектор нескольких гамма-квантов. В основном это бывает в том случае, если распад радионуклида происходит с одновременным излучением двух или более гамма-квантов, то есть так называемые гамма-гамма-совпадения. При измерении ^{137}Cs , $D_p = 1$.

Погрешности и представления результатов измерений. Спектрометрическая погрешность определения активности нуклида в пробе состоит из случайной Δ_c - с. и систематической - Δ_{cl} . Относительная погрешность измерения находится из выражения:

$$\delta\Delta = \delta\Delta_{cl} + \alpha\delta\Delta_c = \sum_{i=1}^m \delta\Delta_{cl}^i + \alpha\sqrt{\sum_{i=1}^m \delta^2 \Delta_c^i} \quad (2.2)$$

где,

α - коэффициент надежности, определяется заданной доверительной вероятностью и законом распределения погрешности. Если величина Δ_c с имеет нормальное распределение, то коэффициент α для разнообразных значений доверительной вероятности $P(\alpha)$ имеет следующие значения:

$$P(\alpha) = 0,68, \alpha = 1,0; P(\alpha) = 0,95, \alpha = 2,0; P(\alpha) = 0,997, \alpha = 3,0.$$

Случайная величина Δ_c с погрешностью определяется в основном статистическими флуктуациями количества импульсов - σ_1 , зарегистрировавшихся в пику полного поглощения и в непрерывном распределении под пиком. Если считать флуктуации количества импульсов в пику полного поглощения и непрерывном распределении под пиком независимыми, то относительная систематическая погрешность $\delta\Delta_c$ определяется выражением:

$$\delta\Delta_c = \frac{\sigma_1}{S_e} = \frac{\sqrt{S_e + 2B_e}}{S_e} \quad (2.3)$$

Систематическая погрешность Δ_{cl} состоит из погрешностей Δ_{cl1} и Δ_{cl2} . Погрешность Δ_{cl1} обусловлена ошибками экспериментального определения абсолютной эффективности регистрации. Относительное значение $\delta\Delta_{cl1}$ составляет величину порядка 5% (определяется паспортными данными по аттестации калибровочного источника). Δ_{cl2} - погрешность возникает из-за неравномерности распределения активности в объеме пробы вследствие неконтролируемых отличий геометрии от геометрии калибровочных препаратов. Относительная погрешность Δ_{cl2} , как правило, не меньше 5%. Легко видеть, что даже при большом количестве импульсов в пику полного поглощения, когда $\delta\Delta_c \rightarrow 0$, результирующая относительная погрешность измерения активности нуклида в пробе - $\delta\Delta$ составляет как правило, не меньше 7-10%.

Результаты измерений, согласно ГОСТу (показатели точности измерений и формы представления результатов измерений), представляются в виде:

$$A ; \Delta - \text{от } \Delta_{\text{н}} \text{ до } \Delta_{\text{в}}; P, \quad (2.4)$$

где,

A - результат измерения в единицах измеряемой величины; $\Delta_{\text{н}}$ - нижнее значение результирующей погрешности; $\Delta_{\text{в}}$ - верхнее значение результирующей погрешности; P - установленная доверительная вероятность, с

которой погрешность измерения находится в этих пределах. При гамма-спектрометрическом анализе $\Delta_n = \Delta_e = A \delta A$, результаты анализа целесообразно представлять в виде таблицы значений A , Δ , P .

Радиометр УМФ-2000. Низкофоновый альфа-бета-радиометр с кремниевым детектором, широко используемый для измерений малых активностей (рис. 2.6). Рекомендуется для измерения суммарной альфа- и бета-активности природных и питьевых вод.



Рис. 2.6. Альфа-бета радиометр УМФ-2000

Назначение:

- измерение суммарной активности альфа-излучающих нуклидов в «толстых» и «тонких» счетных образцах проб объектов окружающей среды;
- измерение суммарной активности бета-излучающих нуклидов в счетных образцах проб пищевых продуктов, почвы, воды, на воздушных фильтрах и проб, полученных методами селективной радиохимической экстракции;
- измерение альфа-активности нуклидов в счетных образцах, полученных после селективной радиохимической экстракции (при наличии методик).

Свойства:

- одновременное измерение альфа- и бета-активностей счетного образца;
- применение кремниевого ионнолегированного детектора площадью 450 мм² или 1000 мм²;
- активная защита от фонового излучения с использованием газоразрядных счетчиков и схемы антисовпадений;
- пассивная свинцовая защита от фонового излучения;
- сетевая защита от помех в сети питания;
- двухканальное пересчетное устройство с таймером для счета числа импульсов от зарегистрированных альфа- и бета-частиц;
- выход спектрометрического сигнала;
- связь с компьютером по интерфейсу RS-232;
- базовое программное обеспечение «УМФ-2000»;
- определение (после радиохимической подготовки пробы)
- в почвах: Po-210, Sr-90;
- в водах: Po-210, Ra-226, Ra-228;
- возможность альфа-спектрометрических измерений с использованием программного обеспечения «SpDec» для определения активности изотопов U, Th, Pu, Am в почвах и водах (после радиохимической подготовки пробы, дополнительно).

Определение суммарной альфа и бета активности проб воды. Метод основан на концентрировании радионуклидов из объема водной пробы методом упаривания до сухого остатка, измерения с помощью радиометра скорости счета альфа- и бета-излучения полученного остатка по сравнению со скоростью счета образца, сравнения с аттестованными значениями активности и расчете суммарной альфа- и бета-активности пробы.

Суммарная активность - это условная активность счетного образца, по численности равная активности регламентированного образца, сравнении при одинаковых показаниях радиометра. Значение полной неопределенности результатов измерений определяется расчетом по заданным соотношениям.

Рассчитывают альфа и бета активность счетного образца в Бк
 ля альфа канала:

$$A_{\alpha,\beta} = \frac{(N_{\alpha\beta} - N_{\Phi}) \cdot K_{\alpha,\beta}}{V}, \quad (2.5)$$

где,

$N_{\alpha,\beta}$ – скорость счета радиометра от счетного образца по альфа- или бета-каналу; N_{Φ} – фоновая скорость счета радиометра по альфа- или бета-каналу;

$K_{\alpha,\beta}$ – коэффициент пересчета установки (определяется по эталонному источнику); V – объем исходной пробы (л).

В соответствии со свидетельством о поверке радиометра УМФ-2000 (приводятся данные из свидетельства № 5797 от 22 июля 2016 г. о поверке радиометра УМФ-2000, принадлежащего БПИ НАН КР): $n_{\alpha\Phi}=0,0005$ имп/с - средняя скорость счета фона по альфа-каналу, $n_{\beta\Phi}=0,0262$ имп/с - средняя скорость счета фона по бета-каналу.

Объемная суммарная альфа-активность в исходной пробе (Бк/л) и ее абсолютная неопределенность рассчитывается по формуле: (2.6)

где V - объем исходной пробы (л), M и m - масса выпаренного

остатка пробы и масса аликвоты в кювете (масса счетного образца) (г) соответственно. Аналогично объемная суммарная бета-активность и ее неопределенность: (2.7)

$$A_{\alpha\text{пр}} = (A_{\alpha}/V) \cdot (M/m),$$

$$U_{\alpha\text{пр}} = \frac{U(A_{\alpha})}{V} \cdot \frac{M}{m} \quad (2.6)$$

$$A_{\beta np} = (A_{\beta} / V) * (M / m),$$

$$U_{\beta np} = \frac{U(A_{\beta})}{V} \cdot \frac{M}{m}$$

(2.7)

Полную относительную неопределенность измерения объемной активности определяют по формуле:

$$u_{tot\alpha} = \sqrt{U_{\alpha np}^2 + A_{\alpha np}^2 (u_0^2 + u_d^2)}$$

$$u_{tot\beta} = \sqrt{U_{\beta np}^2 + A_{\beta np}^2 (u_0^2 + u_d^2)}$$

(2.8)

для альфа и бета активности соответственно. Здесь: u_0 - неопределенность, связанная с градуировкой радиометра, u_d - неопределенность методики пробоподготовки.

2.2.3. Биоиндикационные методы исследований

Биоиндикация загрязнения воздуха по состоянию сосны. Считается, что сосновые леса наиболее чувствительны к загрязнению воздуха. Это обуславливает выбор сосны как важнейшего индикатора антропогенного влияния, принимаемого в настоящее время за «эталон биодиагностики». Информативными по техногенному загрязнению являются морфологические и анатомические изменения, а также продолжительность жизни хвои. При хроническом загрязнении лесов диоксидом серы наблюдаются повреждения и преждевременное опадение хвои сосны. В зоне техногенного загрязнения отмечается снижение массы хвои на 30 - 60% в сравнении с контрольными участками. В незагрязненных лесных экосистемах основная масса хвои сосны здорова, не имеет повреждений и лишь малая часть хвоинок имеет светло-зеленые пятна и некротические точки микроскопических размеров, равномерно рассеянные по всей поверхности. В загрязненной атмосфере появляются повреждения и снижается продолжительность жизни хвои сосны. Методика

индикации чистоты атмосферы по хвое сосны состоит в следующем. С нескольких боковых побегов в средней части кроны 5-10 деревьев сосны в 15-20-летнем возрасте отбирают 200-300 пар хвоинок второго и третьего года жизни.

Вся хвоя делится на три части (неповрежденная хвоя, хвоя с пятнами и хвоя с признаками усыхания) и подсчитывается количество хвоинок в каждой группе. Данные заносятся в рабочую таблицу 2.4 с указанием даты отбора проб на каждом контрольном участке [93].

Таблица 2.4 - Определение состояния хвои сосны обыкновенной для оценки загрязненности атмосферы (измеряемые показатели – количество хвоинок)

Повреждение и усыхание хвоинок	Номера ключевых участков				
	1	2	...	9	...
Общее число обследованных хвоинок					
Количество хвоинок с пятнами					
Процент хвоинок с пятнами					
Количество хвоинок с усыханием					
Процент хвоинок с усыханием					
Дата отбора проб					

2.2.4. Прикладные программы

Программа Erica tool 1.2. это программное обеспечение, которое используется для оценки радиационной опасности и рисков для наземных, пресноводных и морских экосистем. Зная содержания радиоактивных элементов в почве или в воде, программа производит расчеты и моделирует их содержания для растений, животных и других организмов, а также дает оценку доз радиоактивного облучения. Элемент радиоэкологической оценки состоит из трех уровней, на первом уровне оценивается фактор радиационного риска, если его значение низкое, то можно ограничиться уровнем 1. Если значение

радиационного фактора повышено, то действие рекомендуется продолжить в уровне 2. Для оценки возможных радиобиологических эффектов в пределах расчетных доз облучения для живых организмов применяется уровень 3.

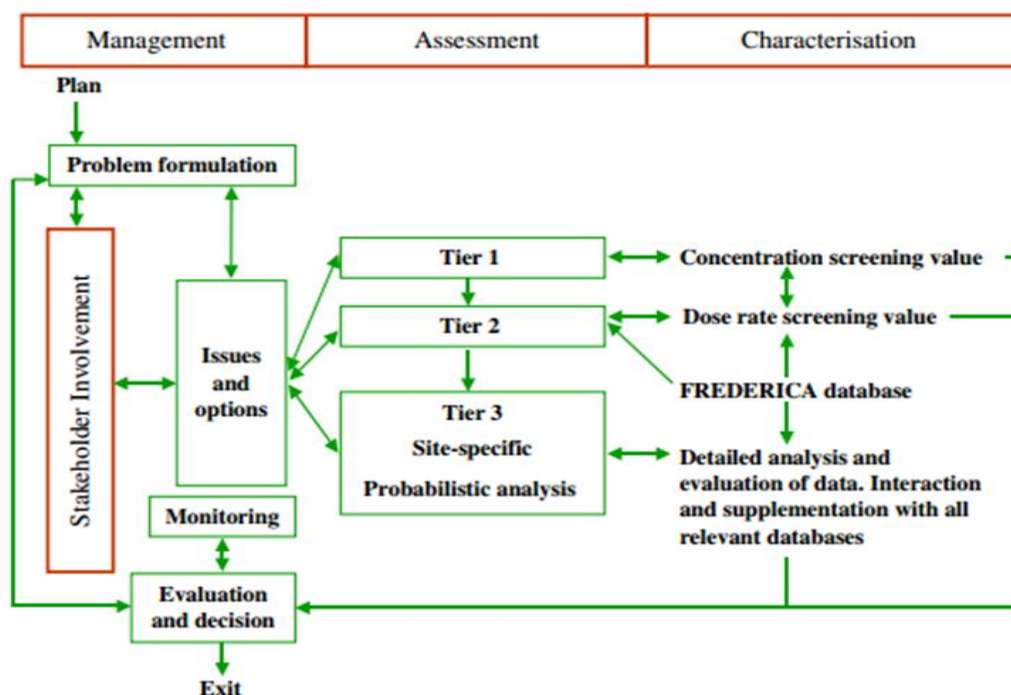


Рис. 2.7. Алгоритм программы Erica tool 1.2

Значение коэффициента риска, расчетной дозы полученной живыми организмами указывается цветами. Зеленый цвет – допустимый уровень, желтый и красный требует перехода на 3-й уровень, для более детальной оценки (рис. 2.8).

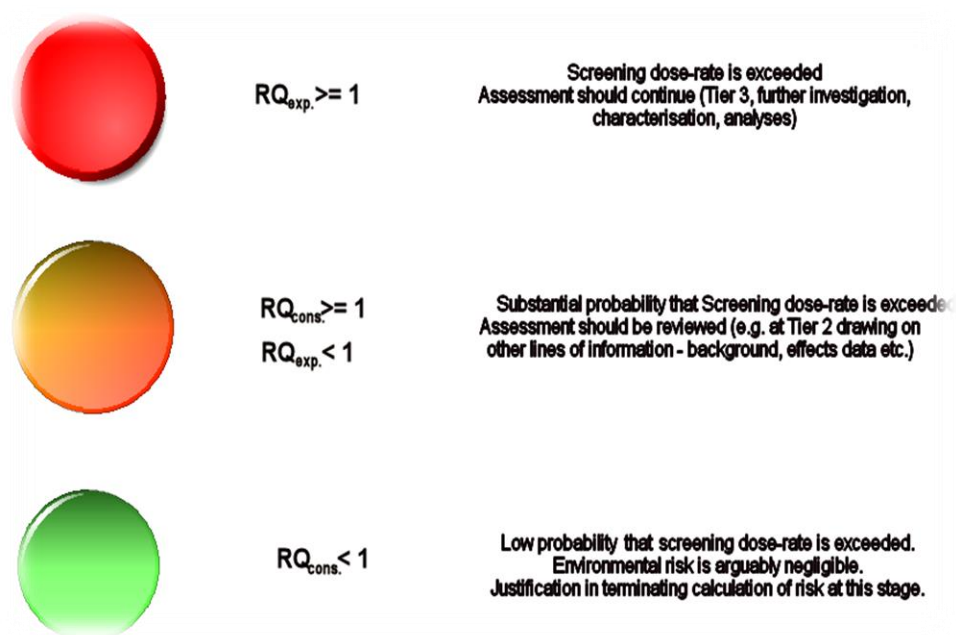


Рис. 2.8. Значения факторов риска

Фактор риска (RQ) определяется по следующей формуле:

$$RQ_n = \frac{M_n}{EMCL_n} \quad (2.9)$$

где,

RQ_n = Фактор риска для радионуклида «n»;

M_n = измеренная концентрация активности

для радионуклида «n» в среде, Бк кг-1 для почвы;

$EMCL_n$ = Пределы концентраций для радионуклидов «n»

(в базе данных программы Erica)/

Загрузка программы осуществляется через сайт:
<http://project.facilia.se/erica/download.html> (рис. 2.9).

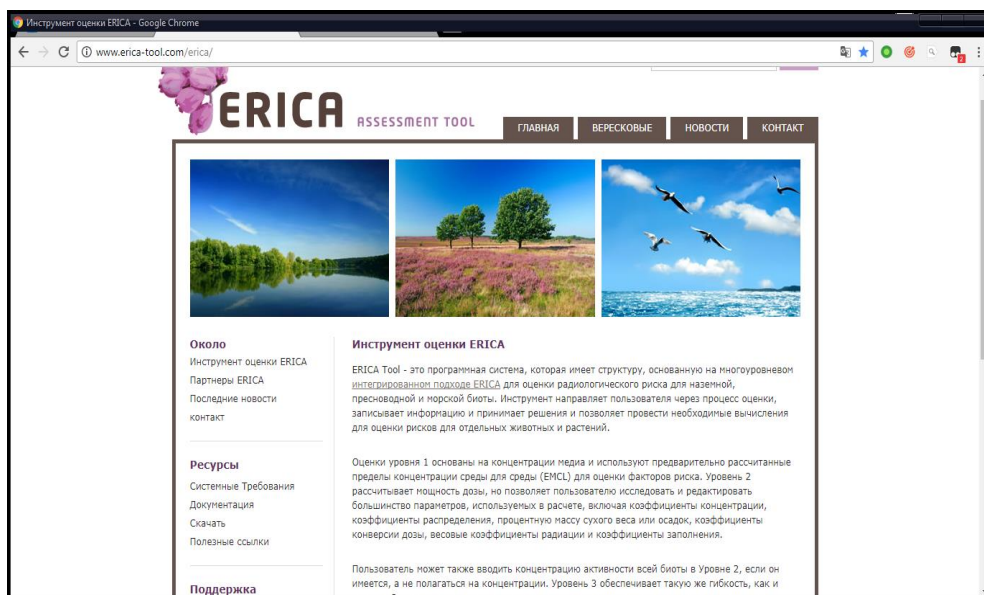


Рис.2.9. Главная страница сайта программы Erica.

Геоинформационная система Golden Software Surfer в настоящее время является отраслевым стандартом построения графических изображений функций двух переменных. В Surfer в качестве основных элементов изображения используются следующие типы карт:

1. Контурная карта (Contour Map). В дополнение к обычным средствам управления режимами вывода изолиний, осей, рамок, разметки, легенды и пр. есть возможность создания карт с помощью заливки цветом или различными узорами отдельных зон. Кроме того, изображение плоской карты можно вращать и наклонять, использовать независимое масштабирование по осям X и Y.

2. Трехмерное изображение поверхности: Wireframe Map (каркасная карта), Surface Map (трёхмерная поверхность). Для таких карт используются различные типы проекции, при этом изображение можно поворачивать и наклонять, используя простой графический интерфейс. На них можно также наносить линии разрезом, изолиний, устанавливать независимое масштабирование по осям X, Y, Z, заполнять цветом или узором отдельные сеточные элементы поверхности.

3. Карта исходных данных (Post Map). Эти карты используются для изображения точечных данных в виде специальных символов и текстовых подписей к ним. При этом для отображения числового значения в точке можно управлять размером символа (линейная или квадратичная зависимость) или применять различные символы в соответствии с диапазоном данных. Построение одной карты может выполняться с помощью нескольких файлов.

4. Карта-основа (Base Map). Это может быть практически любое плоское изображение, полученное с помощью импорта файлов различных графических форматов: AutoCAD [.DXF], Windows Metafile [.WMF], Bitmap Graphics [.TIF], [.BMP], [.PCX], [.GIF], [.JPG] и некоторых других. Эти карты могут быть использованы не только для простого вывода изображения, но также, например, для вывода некоторых областей пустыми. С помощью разнообразных вариантов наложения этих основных видов карт, их различного размещения на одной странице можно получить самые различные варианты представления сложных объектов и процессов. В частности, очень просто получить разнообразные варианты комплексных карт с совмещенным изображением распределения сразу нескольких параметров.

Все типы карт пользователь может отредактировать с помощью встроенных инструментов рисования самого Surfer. Все эти возможности представления изображений могут быть очень полезны при сравнительном анализе влияния различных методов интерполяции или их отдельных параметров на вид результирующей поверхности (рис.2.10). Полученные графические изображения можно вывести на любое печатающее устройство, поддерживаемое Windows. Двухсторонний обмен данными и графикой с другими Windows-приложениями может выполняться также через буфер обмена Windows.

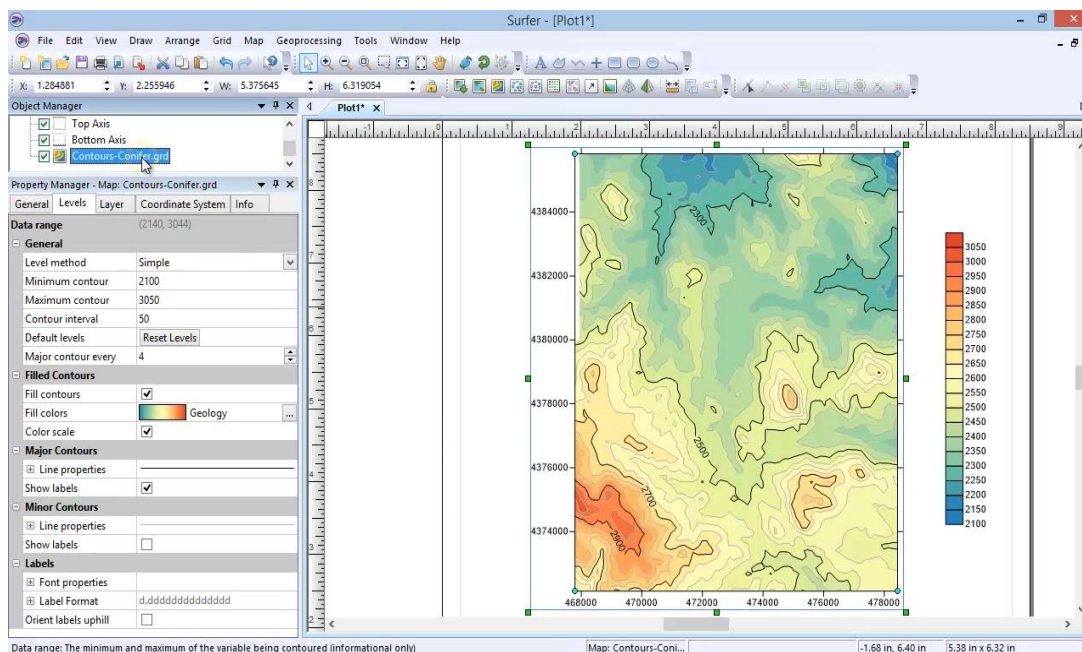


Рис.2.10. Рабочий лист программы *Surfer* (контурная карта)

Для статистической обработки результатов исследований нами был использован пакет прикладных программ *Statistica 6.0* – многофункциональное программное обеспечение, качественно осуществляющее статистический анализ данных. Утилита позволяет пользователям строить разнообразные графики и уравнения множественной регрессии, производить дисперсионный, ковариационный, корреляционный анализ, оценку критериев Стьюдента, Фишера, обладает вероятностным калькулятором.

Софт имеет открытый исходный код, который дает возможность пользователям добавлять собственные операции. Программа находит свое применение в разнообразных сферах жизни: наука и образование, промышленность, финансы. Программа *Statistica 6.0* доступна на сайте: <http://moiprogrammy.com/statistica/6.0/>

Среднее значение результатов вычислено по формуле:

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (2.10)$$

где,

$\sum x_i$ – сумма отдельных результатов измерений;

n – число измерений.

Дисперсия выборки (D) т.е. отклонения единичных измерений от их среднего значения по формуле:

$$D = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)} \quad (2.11)$$

где

$\sum (x_i - \bar{x})^2$ - сумма квадратов отклонений от среднего значения;

$(n-1)$ – число измерений, уменьшенное на единицу.

Квадратный корень из дисперсии называется среднеквадратическим отклонением и обозначается буквой σ («сигма»). Это не менее важный параметр, чем среднее значение, и его всегда следует приводить при оформлении результатов измерений.

$$\sigma = \sqrt{D} \quad (2.11)$$

Относительная величина среднеквадратического отклонения V , выраженная в процентах, носит название коэффициента вариации:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100 \quad (2.12)$$

где

σ - среднеквадратическое отклонение

$\bar{x}$ - среднее значение

Результаты анализа будут приемлемы, если коэффициент вариации не превышает 6%, в противном случае необходимо заново провести измерения.

Погрешность оценки среднего равна отношению среднеквадратического отклонения к корню квадратному из числа измерений, умноженному на коэффициент Стьюдента (t), который зависит от количества измерений и находится по таблице 2.5.

$$m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \times t \quad (2.13)$$

где

σ - среднеквадратическое отклонение

n – число измерений

t - коэффициент Стьюдента

Таблица 2.5. Коэффициент Стьюдента (t) для расчета погрешности среднего выборочного значения при 95% доверительном интервале

количество измерений	коэффициент Стьюдента (t)	количество измерений	коэффициент Стьюдента (t)
3	4,3	8	2,4
4	3,2	9-10	2,3
5	2,8	11-14	2,2
6	2,6	15-30	2,1
7	2,5	более 30	2,0

В экологической практике бывает необходимым сравнение данных результатов исследований различных объектов (например, контрольного участка и участка подверженного техногенному воздействию). При этом очень важно доказать, что обнаруженное различие действительно существует, а не обусловлено статистической погрешностью оценки.

В данном случае необходимо сравнивать средние значения выборок, полученных из двух разных генеральных совокупностей (Например – средние значения содержания цинка в почвах контрольного участка и участка подверженного техногенному воздействию).

Для того чтобы сравнить среднее двух выборок, первоначально устанавливают однородность дисперсий D_1 и D_2 . Для этого используют так называемый критерий Фишера – F , таблицы критических значений которого для 5 и 1% уровня значимости имеются в учебниках математической статистики и теории вероятностей: $F = D_1 / D_2$, причем в числителе берется всегда большая дисперсия [4, 9, 24].

Для каждой выборки определяется число степеней свободы, равное числу проб минус единица ($f = N - 1$). Если полученное значение F меньше, чем

найденное в таблице для заданного уровня значимости, расхождение между дисперсиями является незначимыми.

В последнем случае приступают к сравнению средних ($\bar{x}_1$ и $\bar{x}_2$). Для этого вычисляют значения критерия Стьюдента (t) по формуле:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{D_1}{n} + \frac{D_2}{n}}}, \quad (2.14)$$

где

$\bar{x}_1$ и $\bar{x}_2$ – средние значения выборок;

D_1 и D_2 - дисперсии выборок;

n – количество проб.

Если вычисленное значение t превышает 1,96, то различие между средними считаются существенными (что соответствует 5% уровню значимости). В противном случае гипотеза о различии между сравниваемыми средними отвергается.

Заключение по главе 2

Глава 2. Материал и методы исследований состоит из двух основных разделов. В разделе 2.1. приведены объекты исследований: почва, вода, донные отложения, растения. Отбор проб объектов окружающей среды произведен в условиях природно-техногенных экосистем бассейна реки Каракол, согласно нормативных требований (ГОСТов) и методических рекомендаций. Выбор объектов исследований отвечает паспорту специальности: 03.02.08 – экология, раздел прикладная экология - исследование влияния антропогенных факторов на экосистемы различных уровней с целью разработки экологически обоснованных норм воздействия хозяйственной деятельности человека на живую природу.

В разделе 2.2. приведено описание методов и методик исследований, широко применяемые в экологическом мониторинге окружающей среды: спектральные методы анализа определения микроэлементов, гамма-

спектрометрический анализ определения удельной активности радионуклидов, радиометрические методы измерения уровня экспозиционной дозы гамма-излучения, суммарной альфа и бета-активности. Использованы биоиндикационные методы определения загрязненности атмосферного воздуха с использованием хвои сосны обыкновенной.

Для радиозэкологической оценки окружающей среды был использован пакет прикладных программ Erica tool 1.2. Составления картосхем распределения микроэлементов в почвах г. Каракол выполнено с помощью геоинформационной системы Golden Software Surfer. Статистическая обработка результатов исследований произведена с помощью программы Statistica 6.0.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Содержание микроэлементов в воде и донных отложениях реки Каракол

Гидрографическая сеть в г. Каракол представлена системой реки Каракол, дающей питание многочисленным ирригационным каналам. Река Каракол берет начало из Каракольского ледника с северного склона Терской Ата-Тоо на абсолютной высоте 5200 метров и впадает в озеро Иссык-Куль. Протяженность реки, примерно составляет 50 км., площадь водосборного бассейна - 394 км². В горной области река принимает ряд притоков Культыр, Кашка-Суу (правобережные) и Телеты, Айтюр, Зендын-Булак, Карча-Куян (левобережные).

Река Каракол, как и все притоки, относится к рекам снежно-ледникового питания, режим расходов её тесно связан с режимом температуры воздуха, второстепенную роль в питании реки играют атмосферные осадки и грунтовые воды; последнее относится к её верхнему и среднему течениям.

В горах река представляет собой бурный горный поток, а на конусе выноса приобретает более спокойный характер. Город Каракол расположен в среднем ее течении. Объем воды в реке Каракол периодически изменяется в течение года, максимальная его величина приходится на июль (18 м³/с), минимальная – март (1,66 м³/с) [72].

Соответственно отбор образцов воды был совершен в периоды межени (март 2016, 2017, 2018 гг.) и в период максимального поверхностного стока (июль 2016, 2017, 2018), согласно ГОСТ Р 51592 – 2000 «Вода. Общие требования к отбору проб» и регламентом качества поверхностных и сточных вод утвержденные приказом ГАООС и ЛХ при ПКР №2 от 2017 [34, 40]. Отбор проб воды реки Каракол был произведен в верхнем, среднем и нижнем её течении. Места отбора образцов воды и илисто-глинистых фракций донных осадков р. Каракол представлены в табл. 3.1 и рис. 3.1.

Таблица 3.1 – Места отбора образцов воды и донных отложений р. Каракол

№	Места отбора проб	Координаты (GPS)	
1.	р. Каракол (ущелье Каракол)	42.302426	78.485848
2.	р. Каракол (слияние с р. Кашка-Суу)	42.422858	78.435223
3.	р. Каракол (в черте города мост ул. Карасаева)	42.422858	78.435223
4.	р. Каракол (в черте города мост ул. Токтогула)	42.484934	78.381061
5.	р. Каракол (за городом)	42.561777	78.334149
6.	р. Каракол (устье)	42.578354	78.302306



Рис.3.1. Контрольные участки отбора образцов воды и донных отложений р. Каракол

Вода реки Каракол по химическому составу гидрокарбонатно-сульфатного (HCO_3^- , SO_4^{2-}) типа, с преобладанием кальция, слабо минерализована. Минерализация воды в период наименьшего уровня воды выше (188,1 мг/л), чем в период максимального поверхностного стока (129,5 мг/л). В соответствии с периодическим изменением минерализации в течении года изменяется и содержание ионов. Наибольшие изменения претерпевает содержание доминирующих ионов - HCO_3^- , Ca^{2+} , колебания остальных ионов

незначительны. Минерализация воды увеличивается от верхних участков реки к устью (табл. 3.2, табл. 3.3; рис. 3.2).

Таблица 3.2 – Минерализация и ионно- солевой состав воды реки Каракол в период минимального уровня воды в реке (5 марта 2018 г.)

Место отбора проб	Ионы (мг/л, $M \pm m$, $p < 0.05$)						
	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{++} K^{+}	HCO_3^{-} $+ CO_3$	SO_4^{2-}	Cl^{-}	Сумма ионов
1. р. Каракол, устье р. Кашка-Суу	26,1± 1,8	2,4 ±0,3	15,5 ±1,2	98,8 ±8,5	16,6± 1,2	4,3 ±0,3	163,7 ±13,3
2. р. Каракол, в черте г. Каракол	29,3± 2,2	4,2 ±0,6	17,3 ±1,5	103,0± 9,5	19,2± 1,5	5,3 ±0,5	178,3 ±14,2
3. р. Каракол (устье)	32,5± 2,8	5,6 ±0,5	18,6 ±1,5	105,3± 10,3	20,5± 1,8	5,6 ±0,5	188,1 ±16,5

Таблица 3.3 - Минерализация и ионно- солевой состав воды реки Каракол в период максимального поверхностного стока (5 июля 2018 г.)

Место отбора проб	Ионы (мг/л, $M \pm m$, $p < 0.05$)						
	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{++} K^{+}	$HCO_3^{-} +$ CO_3	SO_4^{2-}	Cl^{-}	Сумма ионов
1. р. Каракол, устье р. Кашка-Суу	20,8 ±1,9	5,0 ±0,3	3,0 ±0,2	75,0 ±6,5	10,8 ±1,2	4,9 ±0,3	119,5 ±10,2
2. р. Каракол, в черте г. Каракол	23,7 ±2,2	3,8 ±0,2	4,2 ±0,3	76,8 ±6,8	8,8 ±0,7	8,6 ±0,7	125,9 ±11,2
3. р. Каракол (устье)	24,3 ±2,2	4,4 ±0,3	4,8 ±0,3	77,3 ±7,2	9,5 ±0,6	9,2 ±0,8	129,5 ±10,5

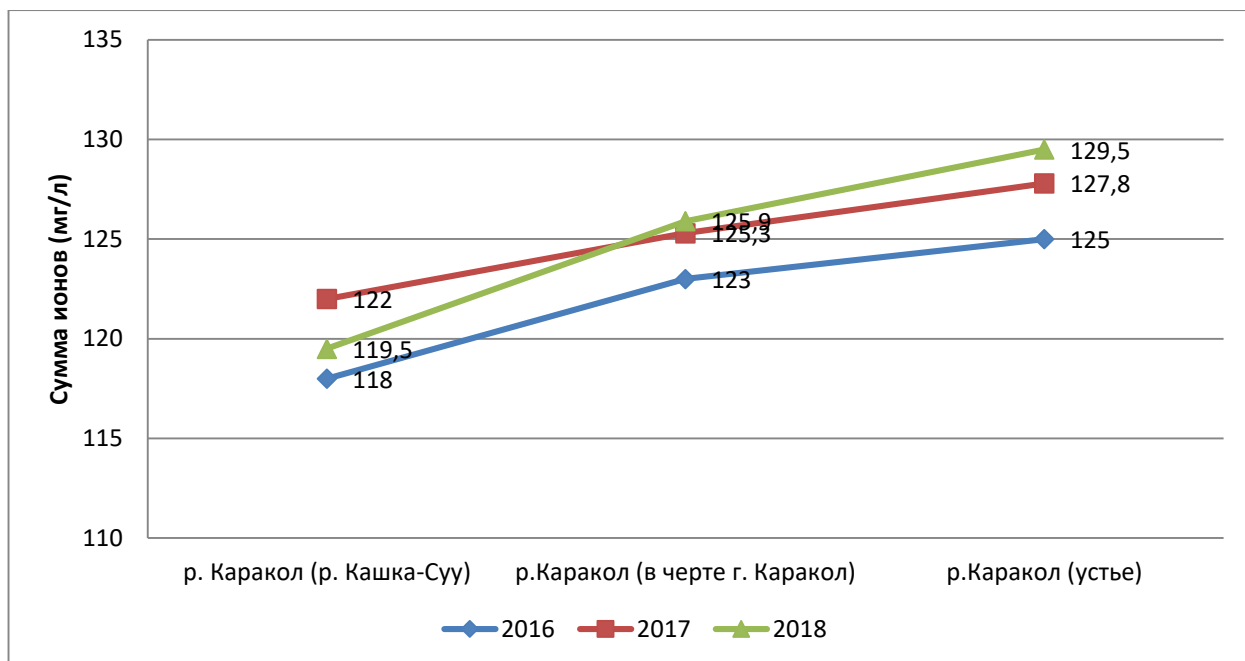


Рис. 3.2. Суммарное содержание ионов в воде реки Каракол за 2016,2017,2018 годы (июль)

Таблица 3.4 - Элементный состав воды реки Каракол в период минимального весеннего стока (5 марта 2018 г.)

Места отбора проб	Концентрация (мг/л, $M \pm m$, $p < 0.05$)													
	Mn	Ni	Ti	Cr	Mo	Cu	Pb	Ag	Zn	Sn	P	Sr	Ba	Li
1. р. Каракол, устье р. Кашка-Суу	0,00 9 ± 0,00 2	0,002 ± 0,000 3	0,003 ± 0,001	-	0,000 5 ± 0,000 1	0,002 ± 0,000 5	0,001 ± 0,000 3	0,0002 ± 0,00003	0,00 8 ± 0,00 1	0,0001 ± 0,00002	0,006 ± 0,001	0,02 ± 0,00 4	0,01 ± 0,00 3	0,001 ± 0,0002
2. р. Каракол, в черте г. Каракол	0,01 ± 0,00 3	0,001 ± 0,000 3	0,001 ± 0,0002	0,001 ± 0,000 2	0,001 0 ± 0,000 3	0,003 ± 0,001	0,001 ± 0,000 3	0,0001 ± 0,00003	0,01 ± 0,00 3	0,0004 ± 0,00001	0,008 ± 0,001	0,06 ± 0,00 3	0,02 ± 0,00 3	0,002 ± 0,0004
3. р. Каракол (устье)	0,00 8 ± 0,00 1	0,001 3 ± 0,000 2	0,002 ± 0,0005	-	0,001 7 ± 0,000 2	0,003 ± 0,001	0,000 7 ± 0,000 1	0,0002 ± 0,00005	0,01 2 ± 0,00 3	0,0003 ± 0,0001	0,01 ± 0,003	0,05 ± 0,00 1	0,01 ± 0,00 2	0,001 ± 0,0004
ПДК [30]	0,1	0,02	0,1	0,05	0,07	1	0,01	0,05	1	-	-	7	0,7	0,03

Таблица 3.5 - Элементный состав воды реки Каракол в период максимального летнего стока (5 июля 2018 г.)

Место отбора проб	Концентрация (мг/л, М±m, p<0.05)													
	Mn	Ni	Ti	Cr	Cu	Pb	Ag	Zn	Sn	Ga	P	Sr	Ba	Li
1. р. Каракол, устье р. Кашка-Суу	0,003 ± 0,001	-	0,00 3 ± 0,00 1	-	0,001 ± 0,000 3	0,0004 ± 0,0001	0,0000 5 ± 0,0000 1	0,01 ± 0,00 2	0,0002 ± 0,0000 3	-	-	0,01 ± 0,003	-	-
2. р. Каракол, в черте г. Каракол	0,004 ± 0,001	0,017 ± 0,005	0,00 3 ± 0,00 1	0,001 ± 0,0003	0,001 3 ± 0,000 2	-	-	0,01 ± 0,00 3	0,0006 ± 0,0001	-	-	0,02 ± 0,004	-	-
3. р. Каракол (устье)	0,005 ± 0,001	0,0005 ± 0,0001	0,00 3 ± 0,00 1	-	0,001 ± 0,000 3	0,0005 ± 0,0001	-	-	0,0002 ± 0,0000 3	-	-	0,03 ± 0,005	-	-
ПДК [30]	0,1	0,02	0,1	0,05	1	0,01	0,05	1	-	-	-	7	0,7	0,03

Содержание микроэлементов в воде реки Каракол находится в пределах естественных уровней содержания химических элементов в речной воде. Превышение предельно допустимых концентраций химических веществ в воде используемых для нужд хозяйственно-бытового водопользования города не установлено (рис. 3.3) [30, 46]. Содержание микроэлементов в воде реки Каракол в период межени заметно отличается от периода половодья (табл. 3.4; табл. 3.5). В период половодья когда усиливается таяние снеговых и ледниковых ресурсов воды в питании рек, заметно уменьшается минерализация воды, а также содержание микроэлементов Mn, Cu, Pb, Sr.

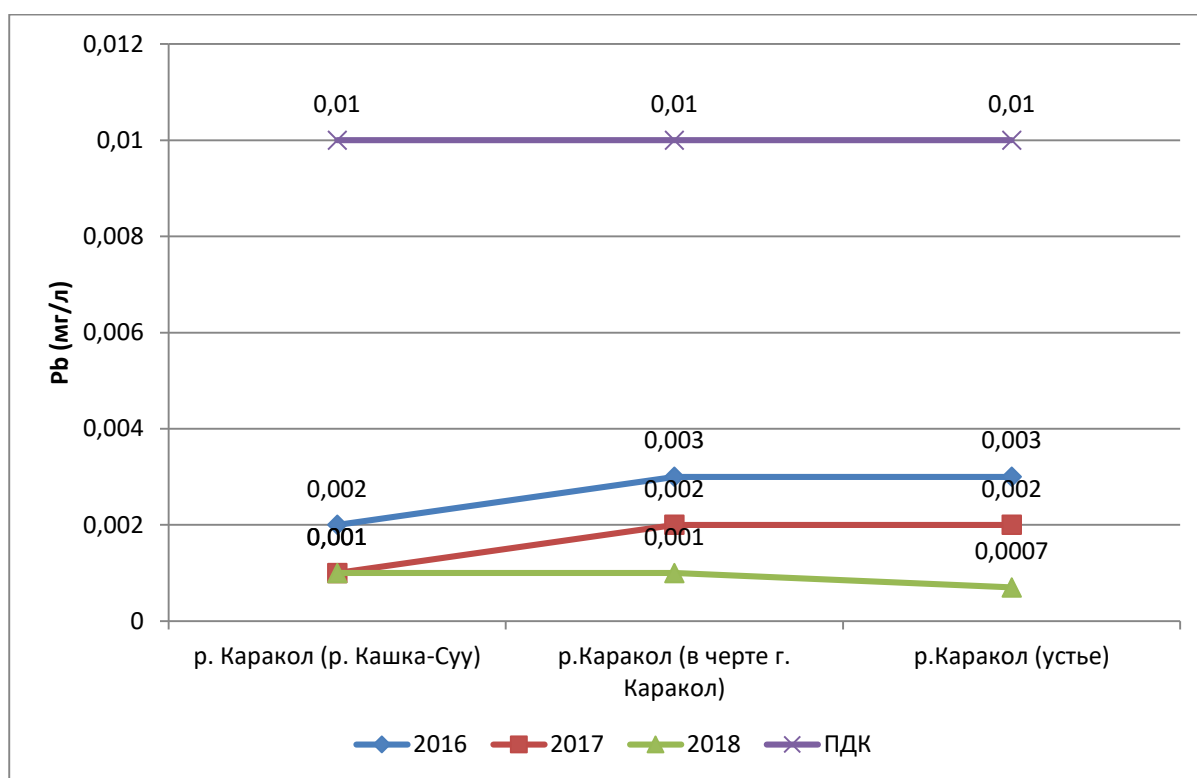


Рис. 3.3. Содержание свинца в воде реки Каракол за 2016,2017, 2018 годы (март)

Минеральный состав илисто-глинистых фракций донных осадков является информативным показателем присутствия в поверхностных водах ряда химических элементов. Фоновые содержания химических элементов в них близки к содержаниям этих элементов в глинах и почвах [23]. В глинистых илах донных осадков реки Каракол содержание Co, Cu, Pb, Sr не

значительно выше кларковых значений (табл. 3.6., рис.3.4). Содержание других химических элементов находится в пределах естественных уровней.

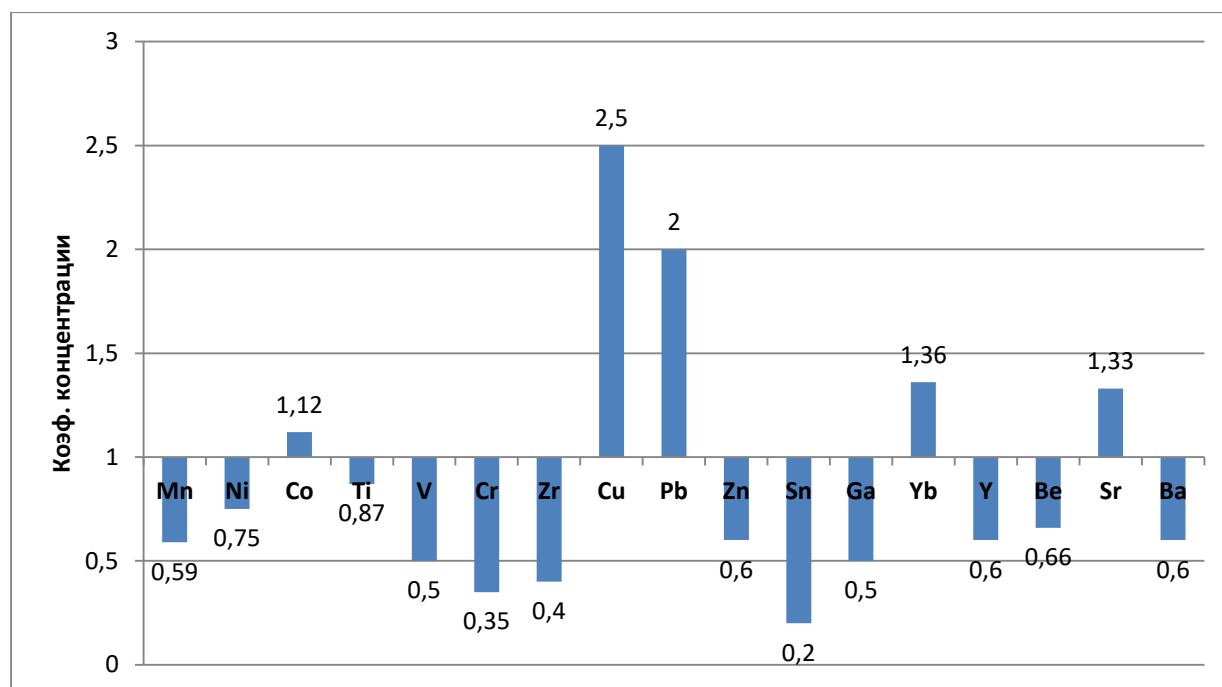


Рис. 3.4. Коэффициент концентрации микроэлементов в донных отложениях реки Каракол в черте города.

Таблица 3.6 - Элементный состав глинисто-иловых фракций донных отложений реки Каракол в период минимального уровня воды в реке (5 марта 2018 г.)

Места отбора проб	Концентрация (мг/кг, $M \pm m$, $p < 0.05$)																		
	Mn	Ni	Co	Ti	V	Cr	Zr	Nb	Cu	Pb	Zn	Sn	Ga	Y b	Y	Be	Sr	Ba	Li
1. р. Каракол, устье р. Кашка-Суу	500 $\pm$ 4	40 $\pm$ 3	12 $\pm$ 3	4000 $\pm$ 60	70 $\pm$ 5	70 $\pm$ 6	300 $\pm$ 25	-	40 $\pm$ 3	15 $\pm$ 1	30 $\pm$ 2	3 $\pm$ 1	15 $\pm$ 2	4 $\pm$ 1	40 $\pm$ 3	4 $\pm$ 1	400 $\pm$ 15	400 $\pm$ 10	40 $\pm$ 3
2. р. Каракол, в черте г. Каракол	500 $\pm$ 4	30 $\pm$ 2	9 $\pm$ 1	4000 $\pm$ 70	50 $\pm$ 4	70 $\pm$ 6	120 $\pm$ 14	-	50 $\pm$ 3	20 $\pm$ 2	30 $\pm$ 2	2 $\pm$ 1	15 $\pm$ 3	3 $\pm$ 1	30 $\pm$ 2	4 $\pm$ 1	400 $\pm$ 20	300 $\pm$ 15	-
3. р. Каракол (устье)	700 $\pm$ 5	30 $\pm$ 2	9 $\pm$ 1	4000 $\pm$ 60	50 $\pm$ 4	70 $\pm$ 6	300 $\pm$ 25	12 $\pm$ 0,5	50 $\pm$ 3	15 $\pm$ 1	40 $\pm$ 3	3 $\pm$ 1	12 $\pm$ 2	4 $\pm$ 1	40 $\pm$ 2	4 $\pm$ 1	500 $\pm$ 25	400 $\pm$ 15	-
Кларк [23]	850	40	8	4600	100	200	300	20	20	10	50	10	30	2, 2	50	6	300	500	30

3.2. Удельная активность радионуклидов в воде и донных отложениях реки Каракол

Активность альфа- и бета-излучателей в воде реки Каракол. По нормам СанПиН 2.1.4.002-03 контрольные уровни альфа-излучателей для питьевой воды составляют 0,1 Бк/л, бета-излучателей – 1,0 Бк/л [109]. Анализ проб воды реки Каракол показал, что уровни суммарной альфа-активности находятся в пределах 0,06 – 0,10 Бк/л, бета-активности 0,06 – 0,12 Бк/л (табл. 3.7). Наблюдается незначительное изменение активности радионуклидов в воде в сторону увеличения по рельефу местности к устью реки (рис. 3.5).

Таблица 3.7 - Суммарная α - и β - активность воды реки Каракол (5 марта 2018 г.)

Места отбора пробы	Суммарная активность радионуклидов (Бк/л, $M \pm m$, $p < 0.05$)	
	Альфа-активность	Бета-активность
1. р. Каракол (ущелье Каракол)	0,06 $\pm$ 0,02	0,10 $\pm$ 0,01
2. р. Каракол, устье р. Кашка-Суу	0,09 $\pm$ 0,02	0,06 $\pm$ 0,01
3. р. Каракол (в черте города мост ул. Карасаева)	0,08 $\pm$ 0,02	0,09 $\pm$ 0,01
4. р. Каракол (в черте города мост ул. Токтогула)	0,08 $\pm$ 0,02	0,10 $\pm$ 0,01
5. р. Каракол (за городом)	0,10 $\pm$ 0,02	0,12 $\pm$ 0,01
6. р. Каракол (устье)	0,10 $\pm$ 0,02	0,12 $\pm$ 0,01

Содержание U и других радионуклидов в иловых фракциях донных осадков реки Каракол находится в пределах среднего уровня характерного для данного района. Имеет место возрастание в незначительной степени удельной активности радионуклидов в устьевой зоне реки, по U в 2 раз, по ^{232}Th в 1,7 раз, ^{40}K в 1,5 раз (табл. 3.8; рис. 3.6).

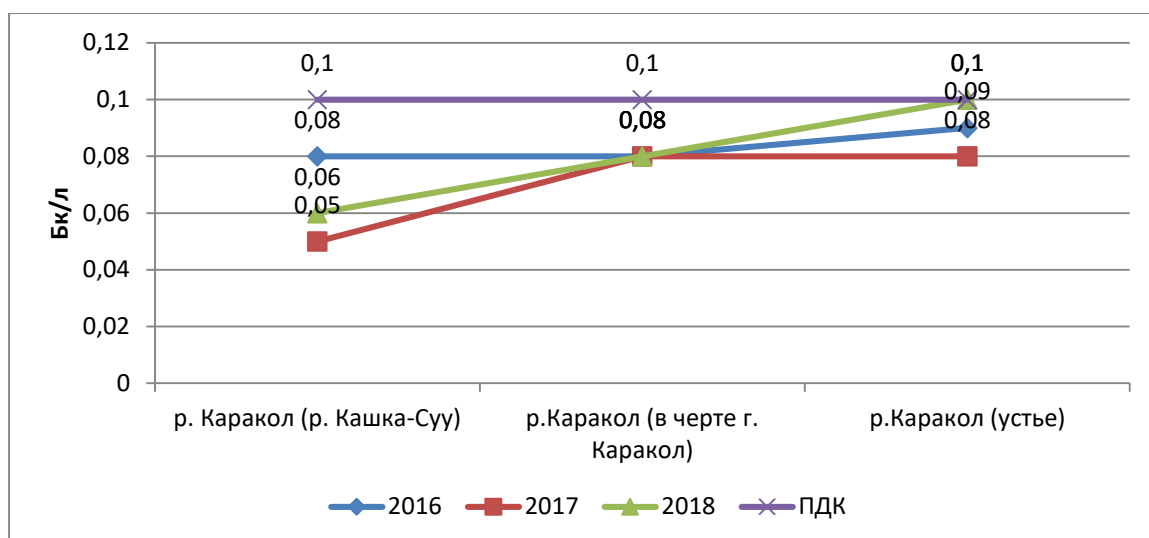


Рис. 3.5. Суммарная α -активность воды реки Каракол за 2016,2017, 2018 годы (март)

Таблица 3.8 - Радионуклидный состав ила (фракция менее 0,01мм.) донных отложений реки Каракол (5 марта 2018 г.)

Места отбора образцов	U/Th-234	Th-232/ Ac-228	K-40	Cs-137
	Удельная активность (Бк/кг, $M \pm m$, $p < 0.05$)			
1. р. Каракол (ущелье Каракол)	28,7 $\pm 3,5$	23,1 ± 3	700 $\pm 25,9$	0,8 $\pm 0,03$
2. р. Каракол, устье р. Кашка-Суу	32,4 $\pm 2,3$	33,2 $\pm 2,3$	720 $\pm 26,6$	1,3 $\pm 0,05$
3. р. Каракол (мост ул. Карасаева)	14,8 $\pm 1,3$	41,8 $\pm 2,3$	676 $\pm 25,1$	1,9 $\pm 0,07$
4. р. Каракол (мост ул. Токтогула)	24,0 $\pm 2,0$	54,8 $\pm 3,1$	704 $\pm 26,1$	2,0 $\pm 0,10$
5. р. Каракол (устье)	50,4 $\pm 2,3$	75,8 $\pm 4,2$	977 $\pm 35,8$	2,1 $\pm 0,11$

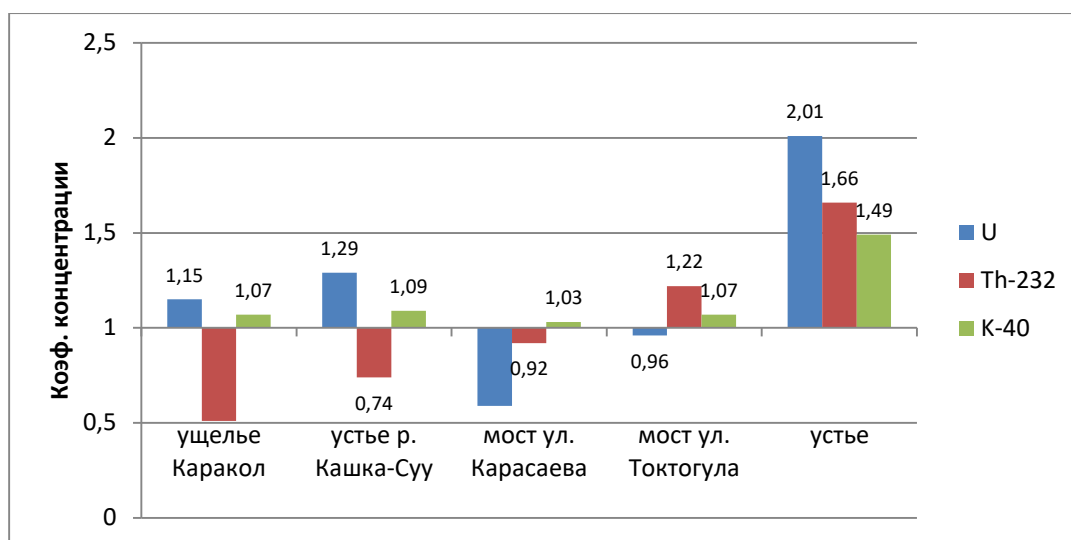


Рис. 3.6. Коэффициент концентрации радионуклидов в донных отложениях реки Каракол

Результаты проведенных исследований показали, вода реки Каракол по химическому составу относится к гидрокарбонатно-сульфатному (HCO_3^- , SO_4^{2-}) типу, с преобладанием кальция, мягкая т.е слабо минерализованная. Минерализация воды в период низкого уровня воды выше (188,1 мг/л), чем в период максимального поверхностного стока (129,5 мг/л). С периодическим изменением минерализации в течении года изменяется и содержание главнейших ионов. Наибольшие изменения претерпевает содержание доминирующих ионов - HCO_3^- , Ca^{2+} , колебания остальных ионов незначительны. Минерализация воды увеличивается от верхних участков реки к устью (табл. 3.2, табл. 3.3; рис. 3.2). Содержание химических элементов в воде варьирует в пределах естественных уровней. Превышение ПДК в воде для химических элементов и радионуклидов по хозяйственно питьевому и культурно-бытовому пользованию не установлено. В илах донных осадков реки Каракол содержание Co, Cu, Pb, Sr незначительно выше кларка содержаний этих элементов в глинах и почвах. Удельная активность U, ^{232}Th , ^{40}K в донных отложениях выше в устьевой зоне реки [58, 59, 60].

3.3. Содержание микроэлементов в почвах и растениях контрольного участка

Верхняя зона бассейна реки Каракол относится к территории Государственного природного парка «Каракол» (ГПП «Каракол»), протяженность реки в пределах границ парка составляет 19 км. На территории ГПП «Каракол» было заложено 4 контрольных участка с горными светло- и темно-каштановыми почвами (табл. 3.9; рис.3.7).

Таблица 3.9 – Контрольные участки отбора проб ГПП «Каракол»

№	Место отбора	Координаты (GPS)	
1	Горные светло-каштановые	42.422858	78.435223
2	Горные светло-каштановые	42.410901	78.449155
3	Горные темно-каштановые	42.370323,	78.470695
4	Горные темно-каштановые	42.317017,	78.469644



Рис.3.7. Контрольные участки отбора проб почв

Почвы на равнинных и покатых подгорных шлейфах образуются пролювиально-делювиальными суглинками. Основой для них служат галечниковые отложения. А почвы на склонах гор образуются пролювиально-хрящеватыми суглинками, основой которых являются грубообломочные материалы.

Различают нижний пояс со светло-каштановыми полынно-типчаково-ковыльной растительностью и верхний с темно-каштановыми почвами под более сомкнутой типчаково-ковыльной растительностью со значительной примесью разнотравья. Светло-каштановые почвы имеют буровато-серый цвет, содержат 2-4% гумуса, темно-каштановые почвы имеют темно-серый цвет с буроватым оттенком, содержат 2-6% гумуса. Содержание микроэлементов (Cu, Co, Mo, Zn, Pb, Ni) в почвах контрольных участков варьируют в пределах фоновых значений (табл. 3.10).

Таблица 3.10 - Содержание микроэлементов в почвах контрольных участков (мг/кг, абс. сухой вес)

№	Место отбора	Cu	Co	Mo	Zn	Pb	Ni
		(M±m, p<0.05)					
1	Горные светло-каштановые	22± 1,5	40± 3,3	7± 0,5	40± 2,8	10± 1,6	18± 1,3
2	Горные светло-каштановые	18± 0,8	30± 2,5	5± 0,5	35± 2,3	9± 1,5	20± 1,8
3	Горные темно-каштановые	20± 1,6	25± 2,2	4± 0,5	45± 2,6	9± 0,8	25± 1,9
4	Горные темно-каштановые	20± 1,5	20± 1,8	3± 0,2	40± 2,5	12± 1,6	30± 2,2

Сильно расчленённый рельеф и легкий механический состав почв горных склонов, а также оптимальные количества осадков способствует к высокой проницаемости микроэлементов из верхних горизонтов в нижнюю часть профиля, а иногда за ее пределы за счет растворимости и большой подвижности соединений микроэлементов в почвах

Для полной характеристики почв района исследований был заложен почвенный разрез до почвообразующей породы (0-130 см). Результаты исследований показали, что содержания Pb, Zn, Ba, Ni, Co, Cr, Mo сильно варьируют в почвенных горизонтах разреза (табл. 3.11).

Таблица 3.11 - Содержание микроэлементов в почвенном разрезе горных светло-каштановых почв (0-130 см., мг/кг, абс. сухой вес)

Горизонт, см	Mn	Ni	Co	Cu	Fe	Ti	Pb	Zn
	(M±m, p<0.05)							
0-10	846± 75	49± 4	18± 2	22± 2,5	253± 16	1692± 95	10± 0,2	40± 5
20-30	904± 82	59± 3	25± 1,5	34± 1,8	294± 18	2712± 115	8± 0,3	45± 8

Продолжение таблицы 3.11

Горизонт, см	Mn	Ni	Co	Cu	Fe	Ti	Pb	Zn
	(M±m, p<0.05)							
40-50	922± 86	73± 6	27± 2	41± 3,5	276± 17	1383± 101	8± 0,3	48± 8
60-70	748± 66	60± 5	28± 2,5	37± 3,8	280± 15	2337± 123	9± 0,3	50± 6
80-90	598± 46	60± 5	27± 2,5	37± 3,2	276± 11	690± 56	9± 0,3	56± 8
100-110	750± 68	42± 3	28± 2,5	37± 2,9	281± 12	1876± 112	9± 0,3	65± 8
120-130	750± 70	42± 3	9± 1	28± 2,6	282± 13	2820± 145	9± 0,3	74± 9
Почвообразующая порода	1700± 120	50± 4	4± 0,5	200± 12	350± 21	5000± 225	30± 2,2	700± 15

Как видно из данных, происходит выщелачивание с поверхностного горизонта (0-10 см) никеля, кобальта, меди. Увеличение концентрации цинка, свинца к низу обусловлено, по-видимому, приближением к коренным породам, имеющим относительно высокий фон. Данные микроэлементы в верхнем горизонте почвы, а также в растениях не накапливаются, что свидетельствуют об их выщелачивании из верхних горизонтов почвы.

Растительность государственного природного парка «Каракол» представлен жизненными формами 200 видов растений. В пределах границы парка встречаются 7 высших цветковых растений занесенных в Красную книгу Кыргызской Республики. Природный парк является местом обильного произрастания ели тянь-шаньской, также произрастают древесно-кустарниковые породы, такие как сосна обыкновенная, лиственница, береза, ива, барбарис, шиповник, облепиха и т. д. Видовой состав древесно-кустарниковых и травянистых растений представлен в таблицах 3.12 и 3.13.

Таблица 3.12 - Видовой состав древесно-кустарниковых растений

№	Название пород	
	Русское	Латинское
Хвойные породы:		
1	Сосна обыкновенная	<i>Pinus sylvestris</i>
2	Ель Шренка	<i>Picea schrenkiana</i>
3	Пихта Семенова	<i>Abies semenovii</i>
4	Лиственница сибирская	<i>Larix sibirica</i>
5	Арча древовидная	<i>Juniperus</i>
Лиственные породы:		
6	Дуб черешчатый	<i>Quercus robur</i>
7	Ясень согдийский	<i>Fraxinus sogdiana</i>
8	Клен	<i>Acer</i>
9	Вяз	<i>Ulmus</i>
10	Акация белая	<i>Faidherbia albida</i>
11	Береза	<i>Betula</i>
12	Осина обыкновенная	<i>Populus tremula</i>
13	Липа	<i>Tilia</i>
14	Тополь	<i>Populus</i>
15	Ива серебристая	<i>Salix alba</i>
16	Абрикос обыкновенный	<i>Armeniaca vulgaris</i>
17	Гледичия	<i>Gleditsia triacanthos</i>
18	Груша	<i>Pyrus</i>
19	Каркас кавказский	<i>Celtis caucasica</i>
20	Катальпа	<i>Catalpa</i>
21	Каштан конский	<i>Aesculus hippocastanum</i>
22	Миндаль обыкновенный	<i>Amygdalus communis</i>
23	Орех грецкий	<i>Juglans regia</i>
24	Платан восточный	<i>Platanus orientalis</i>

№	Название пород	
	Русское	Русское
25	Махалебка обыкновенная	<i>Cerasus mahaleb</i>
26	Слива	<i>Prunus</i>
27	Фисташка настоящая	<i>Pistacia vera</i>
28	Вишня птичья	<i>Cerasus avium</i>
29	Черемуха	<i>Padus</i>
30	Шелковица	<i>Morus</i>
31	Яблоня	<i>Malus</i>
32	Боярышник кровавокрасный	<i>Crataegus sanguinea</i>
Кустарники		
33	Можжевельник казацкий	<i>Juniperus sabina</i>
34	Бересклет	<i>Euonymus</i>
35	Боярышник сглаженный	<i>Crataegus laevigata</i>
36	Гребенщик	<i>Tamarix</i>
37	Виноград	<i>Vitis</i>
38	Жимолость	<i>Lonicera</i>
39	Ива кустарниковая	<i>Salix</i>
40	Лох узколистный	<i>Elaeagnus angustifolia</i>
41	Малина обыкновенная	<i>Rubus idaeus</i>
42	Облепиха туркестанская	<i>Hippophae turkestanica</i>
43	Шиповник	<i>Rosa</i>
44	Смородина	<i>Ribes</i>
45	Карагана	<i>Caragana</i>
46	Спирея (Таволга)	<i>Spiraea</i>
47	Кизильник	<i>Cotoneaster</i>
48	Барбарис	<i>Berberis vulgaris</i>
49	Миндаль колючейший	<i>Amygdalus spinosissima</i>

№	Название пород	
	Русское	Русское
Дополнительные породы:		
50	Рябина тянь-шаньская	<i>Sorbus tianschanica</i>
51	Абелия	<i>Abelia</i>
52	Ломонос	<i>Clematis</i>
53	Слива согдийская	<i>Prunus sogdiana</i>
54	Струноплодник	<i>Exochorda</i>
55	Луизеания вязолистная	<i>Aflatunia ulmifolia</i>
56	Вишня кустарниковая	<i>Cerasus fruticosa</i>
57	Зизифус	<i>Zizyphus</i>
58	Курчавка	<i>Atraphaxis</i>
59	Можжевельник зеравшанский	<i>Juniperus seravschanica</i>
60	Можжевельник туркестанский	<i>Juniperus turkestanica</i>
61	Можжевельник полушаровидная	<i>Juniperus semiglobosa</i>
62	Саксаул	<i>Haloxylon</i>
63	Эфедра	<i>Ephedra</i>

Таблица 3.13 - Видовой состав травянистых растений

№	Название вида	
	Русское название	Латинское название
1	Аир болотный	<i>Acorus calamus</i>
2	Василек синий	<i>Centaurea cyanus</i>
3	Донник лекарственный	<i>Melilotus officinalis</i>
4	Черёда трехраздельная	<i>Bidens tripartita</i>
5	Чистотел большой	<i>Chelidonium majus</i>
6	Клевер луговой	<i>Trifolium pratense</i>
7	Ландыш майский	<i>Convallaria majalis</i>
8	Лопух	<i>Arctium</i>

№	Название пород	
	Русское	Латинское
9	Земляника лесная	<i>Fragaria vesca</i>
10	Дурман обыкновенный	<i>Datura stramonium</i>
11	Ежевика	<i>Rubus</i>
12	Полынь горькая	<i>Artemisia adsinthium</i>
13	Лютик едкий	<i>Ranunculus acris</i>
14	Белена черная	<i>Hyoscyamus niger</i>
15	Аконит джунгарский	<i>Aconitum soongaricum</i>
16	Василистик вонючий	<i>Thalictrum foetidum</i>
17	Горец змеиный	<i>Bistorta officinalis</i>
18	Женьшень обыкновенный	<i>Panax ginseng</i>
19	Марена красильная	<i>Radia tinctorum</i>
20	Мордовник обыкновенный	<i>Echinops ritro</i>
21	Пастушья сумка обыкновенная	<i>Capsella bursa-pastoris</i>
22	Патриния средняя	<i>Partinia intermedia</i>
23	Пижма обыкновенная	<i>Tanacetum vulgare</i>

Результаты содержаний микроэлементов в растениях на территории контрольного участка представлены в табл. 3.14. Содержания Cu, Co, Mo, Zn, Pb, Ni в растениях варьируют в пределах средне фоновых значений. Для не загрязнённых территорий основным источником их поступления в растения является почва и почвообразующие породы.

Таблица 3.14 - Содержание микроэлементов в растениях контрольного участка (мг/кг, на золу)

№	Вид растения	Cu	Co	Mo	Zn	Pb	Ni
		(M±m, p<0.05)					
1	Укос травянистых растений	16±	40±	3,5±	40±	1±	9±
		1,2	2,2	0,2	2,2	0,3	1,5
2	Листья тополя черного	20±	40±	10±	80±	1±	17±
		1,8	2,5	0,5	2,3	1,5	1,8
3	Хвоя сосны обыкновенной	25±	45±	12±	100±	2±	15±
		1,6	2,2	0,5	2,6	0,8	1,9
4	Хвоя ели Шренка	30±	50±	16±	120±	2±	13±
		1,5	1,8	0,2	2,5	1,6	2,2

Для оценки уровней накопления микроэлементов в растениях численно сравнивают кларки микроэлементов в фитомассе и почве, т.е. концентрация микроэлемента в минеральной массе почвы сопоставляется с его концентрацией в минеральной части растений (золе). Эта величина называется коэффициентом биологического поглощения (КБП) [8]. Все изученные микроэлементы можно разделить по интенсивности биологического поглощения растениями на 2 большие группы: первая группа – микроэлементы, концентрация которых в золе больше чем в почве. Вторая – микроэлементы с низкой интенсивностью поглощения, имеющие менее 1 единицы КБП.

КБП микроэлементов растениями контрольной зоны варьируют, что свидетельствует о дифференциации их вовлечения в процесс биологической миграции. Особенно активно захватываются цинк, молибден, кобальт, медь.

Величина их КБП больше 1; их важная физиологическая роль для растений общеизвестна. Ко второй группе относятся микроэлементы с низкой интенсивностью поглощения, имеющие КБП меньше 1. Некоторые из них присутствуют в почвообразующей породе в формах, труднодоступных для растений, например свинец, никель. Для цинка, молибдена, кобальта, меди КБП больше 1, для свинца и никеля КБП меньше 1 (рис. 3.8).

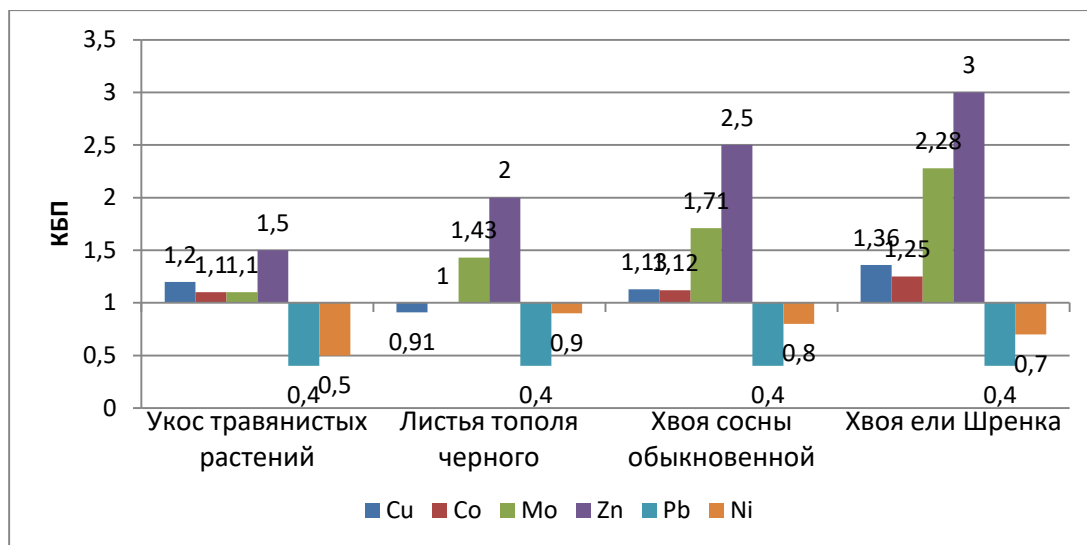


Рис.3.8. Коэффициенты биологического поглощения Cu, Co, Mo, Zn, Pb, Ni растениями контрольной зоны

3.4. Содержание микроэлементов в почвах города Каракол

11 контрольных участков выбранных для отбора проб почв на территории г. Каракол представлены горно-долинными светло-каштановыми, горно-долинными каштановыми почвами. Контрольные участки представлены в таблице 3.15 и рисунке 3.9.

Отбор проб почв производился согласно ГОСТ 17.4.4.02-84 [33]. Объединенные пробы почв гумусового слоя (0-30 см) были отобраны со всех контрольных участков.

№	Место отбора	Координаты (GPS)	
6.	ул. Масалиева / ул. Карасаева	42.479231	78.395857
7.	ул. Масалиева (ТЭС)	42.459539	78.404137
8.	Парк «Победы»	42.485254	78.406724
9.	ул. Карасаева (мост река Каракол)	42.473840	78.387727
10.	Микрорайон «Кашка-Суу»	42.467785	78.398442
11.	ул. Жусаева / ул. Ахунбаева	42.477993	78.409933
12.	Контрольная зона	42.422858	78.435223

Содержание микроэлементов в почвах города Каракол представлены в таблице 3.16. Результаты исследований показали, что содержания Ag, Sn, Mo, W, Ni, Mn, Ti, V, Cr, Ga, Ge, Bi, Sr, Co, Ba, Li, As, Ba варьируют в пределах местного фонового уровня, в отдельных зонах г. Каракол установлены повышенные концентрации: Pb, Cu, Zn.

Свинец. Содержание свинца в почвах селитебных ландшафтов составляет 54,5 мг/кг, что в 5,4 раз выше кларка почв Земли, определенного А.П. Виноградовым (10 мг/кг) и в 3,4 раза больше кларка земной коры (16 мг/кг). Среднее содержание свинца в почвах городов с численностью населения менее 100 тыс. человек составляет 39,5 мг/кг [7, 8]. ПДК свинца в почве составляет 32 мг/кг [31]. В почве контрольный уровень содержания свинца составил 10 мг/кг. Содержание свинца в почвах г. Каракол меняется в пределах 20-80 мг/кг, повышенные содержания наблюдаются на пересечении улиц Кутманалиева / Пржевальского - 40 мг/кг, ($t=4,3$; $p<0,05$), улиц Кыдыр аке / Кучукова - 80 мг/кг ($t=15,7$; $p<0,05$), достоверно превышающий контрольный уровень и ПДК в 1,25-2,5 раз. С использованием геоинформационной системы Golden Software Surfer 11 составлена карта-схема распределения свинца в почвах г. Каракол (рис.3.10).

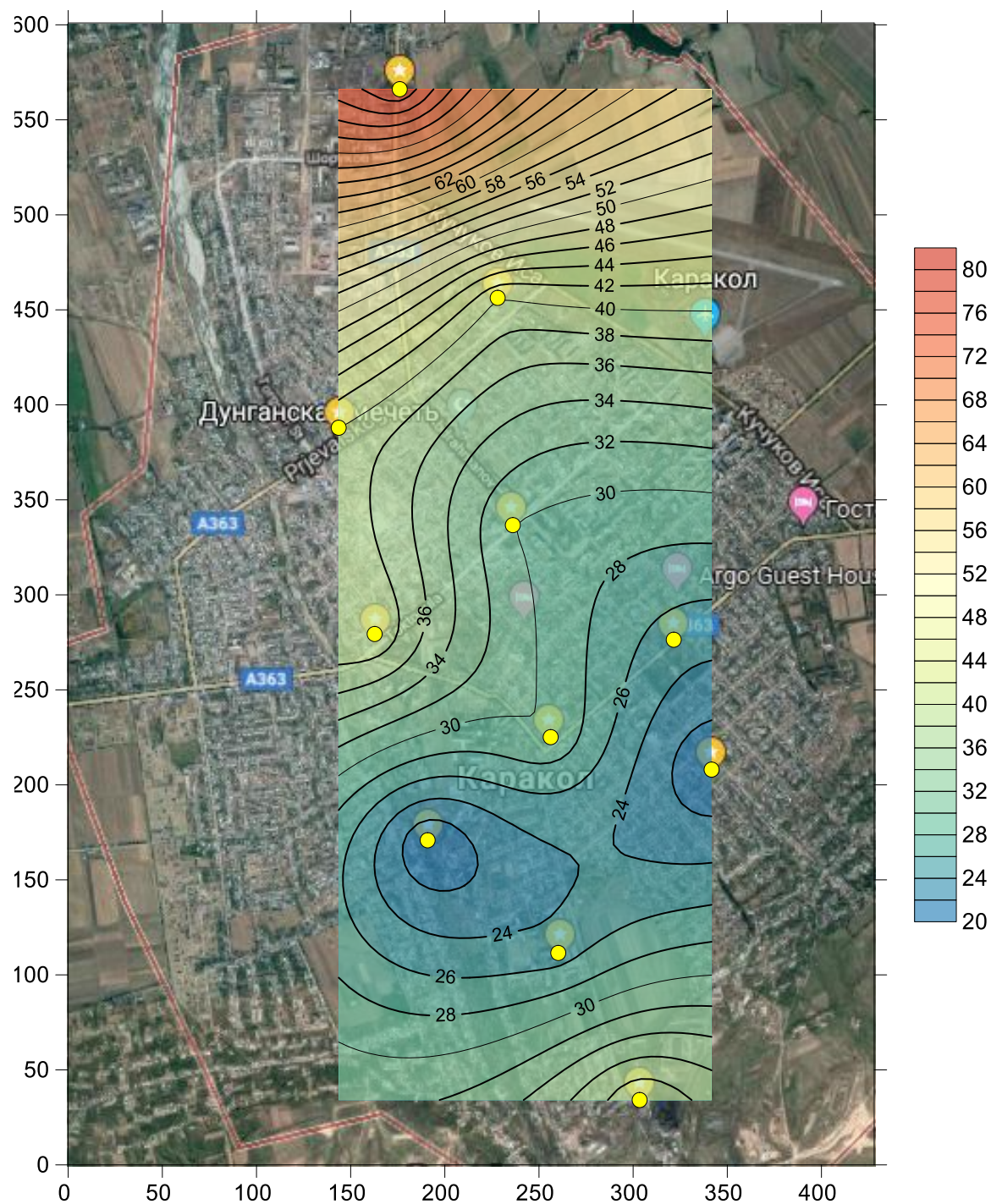


Рис.3.10. Распределение свинца в почвах г. Каракол (мг/кг)

Таблица 3.16 - Содержание микроэлементов в почвах города Каракол
(мг/кг, абс. сухой вес)

№	Место отбора	Cu	Zn	Pb
		(M±m, p<0.05)		
1	ул. Токтогула / ул. Жусаева	50±4,5	100±6,3	30±2,5
2	ул. Кутманалиева / ул. Пржевальского	40±3,8	150±5,5	40±4,5
3	ул. Кыдыр аке / ул. Кучукова	50±4,2	100±8,8	80±3,5
4	ул. Торгоева / ул. Пржевальского	40±3,5	300±7,1	40±4,0
5	ул. Токтогула / ул. Н.Айтматова	40±4,2	50±3,3	40±3,5
6	ул. Масалиева / ул. Карасаева	40±3,5	90±6,5	30±2,2
7	ул. Масалиева (ТЭС)	40±4,2	120±7,1	40±3,8
8	Парк «Победы»	25±1,5	55±2,2	25±1,6
9	ул. Карасаева (мост река Каракол)	25±1,4	50±2,8	20±1,4
10	Микрорайон «Кашка-Суу»	20±1,2	70±6,5	25±1,5
11	ул. Жусаева / ул. Ахунбаева	20±1,3	60±3,6	20±2,2

Результаты исследований за 2016, 2017, 2018 годы, свидетельствуют увеличение содержания свинца в почвах прилегающего участка улиц Кыдыр аке / Кучукова где характерно интенсивное движение автомобильного транспорта (рис. 3.11).

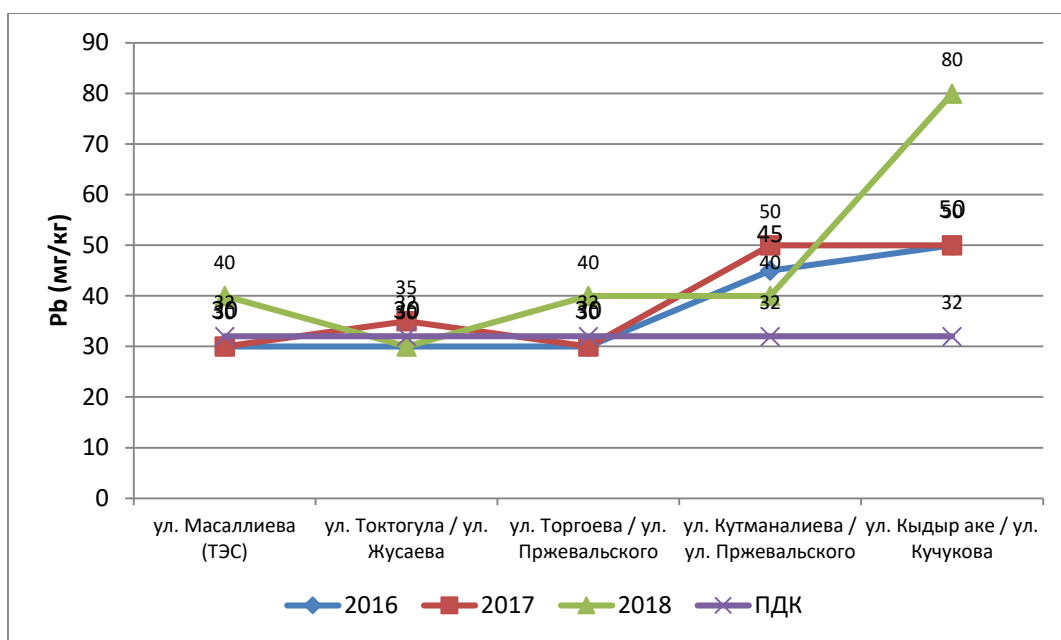


Рис. 3.11. Содержание свинца в отдельных зонах г. Каракол за 2016, 2017, 2018 годы

Медь. Среднее содержание в почвах населенных пунктов меди равно 39 мг/кг, оно почти два раза больше кларка для почв Земли (20 мг/кг) и мало отличается от кларка земной коры 47 мг/кг. Для городов с численностью населения менее 100 тыс. человек среднее содержание меди в почвах составляет 28,1 мг/кг [7, 8]. ПДК меди равно 40 мг/кг [31]. Контрольный уровень содержания меди в почве составил 22 мг/кг. Содержание меди в почвах г. Каракол варьирует в пределах 20-50 мг/кг, повышенные концентрации меди характерны для почв центральной части города (ул. Токтогула / ул. Жусаева) - 50 мг/кг ($t=5,9$; $p<0,05$), достоверно превышающий контрольный уровень содержания меди в почве 22 мг/кг. С использованием геоинформационной системы Golden Software Surfer 11 составлена карта-схема распределения меди в почвах г.Каракол (рис.3.12). За 2016, 2017, 2018 годы содержание меди в почвах г. Каракол менялся примерно на одном уровне (рис. 3.13).

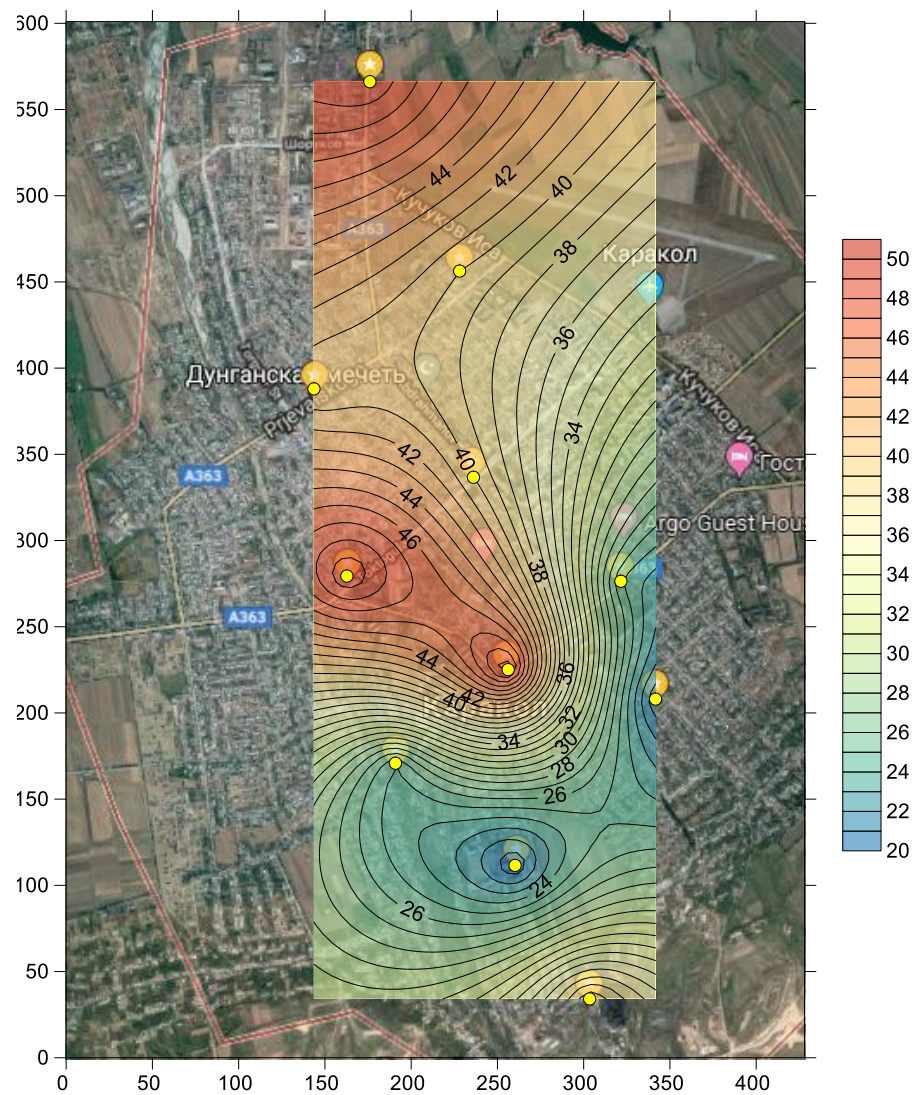


Рис.3.12. Распределение меди в почвах г.Каракол (мг/кг)

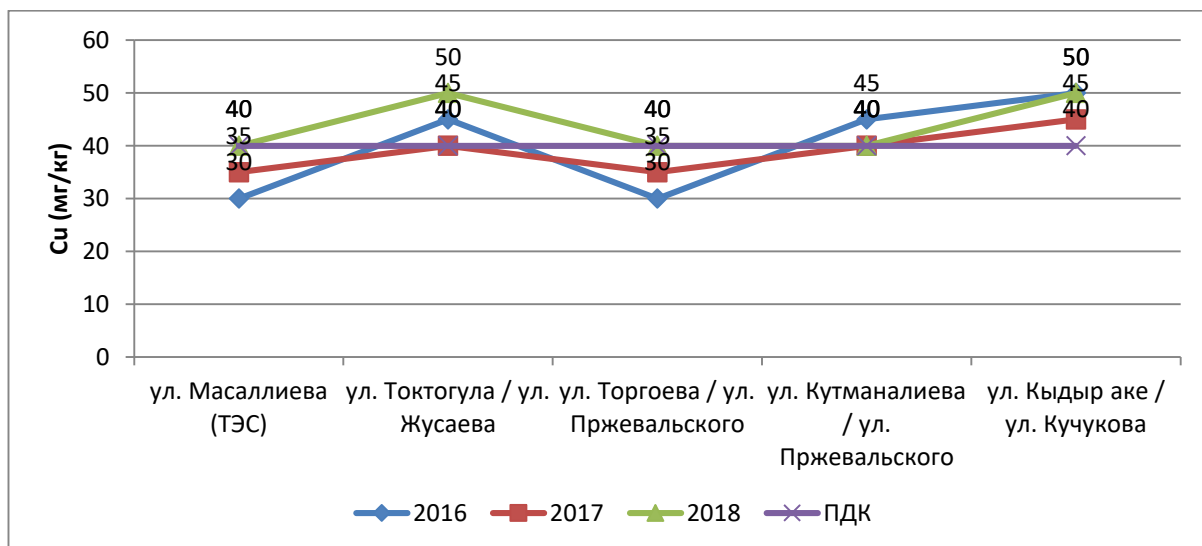


Рис. 3.13. Содержание меди в отдельных зонах г. Каракол за 2016, 2017, 2018 годы

Цинк. Валовое содержание цинка в поверхностном горизонте составляет для каштановых почв в среднем 31 мг/кг, а для черноземов 45 мг/кг. Кларк цинка в земной коре составляет 83 мг/кг, в почве (50 мг/кг). Кларк почв населенных пунктов 39 мг/кг. Среднее содержание цинка в почвах городов с численностью населения менее 100 тыс. человек составляет 92,4 мг/кг [7, 8]. ПДК цинка в почве составляет 45 мг/кг [31]. Контрольный уровень содержания цинка в почве составил 40 мг/кг. С использованием геоинформационной системы Golden Software Surfer 11 составлена карта-схема распределения цинка в почвах г. Каракол (рис.3.14).

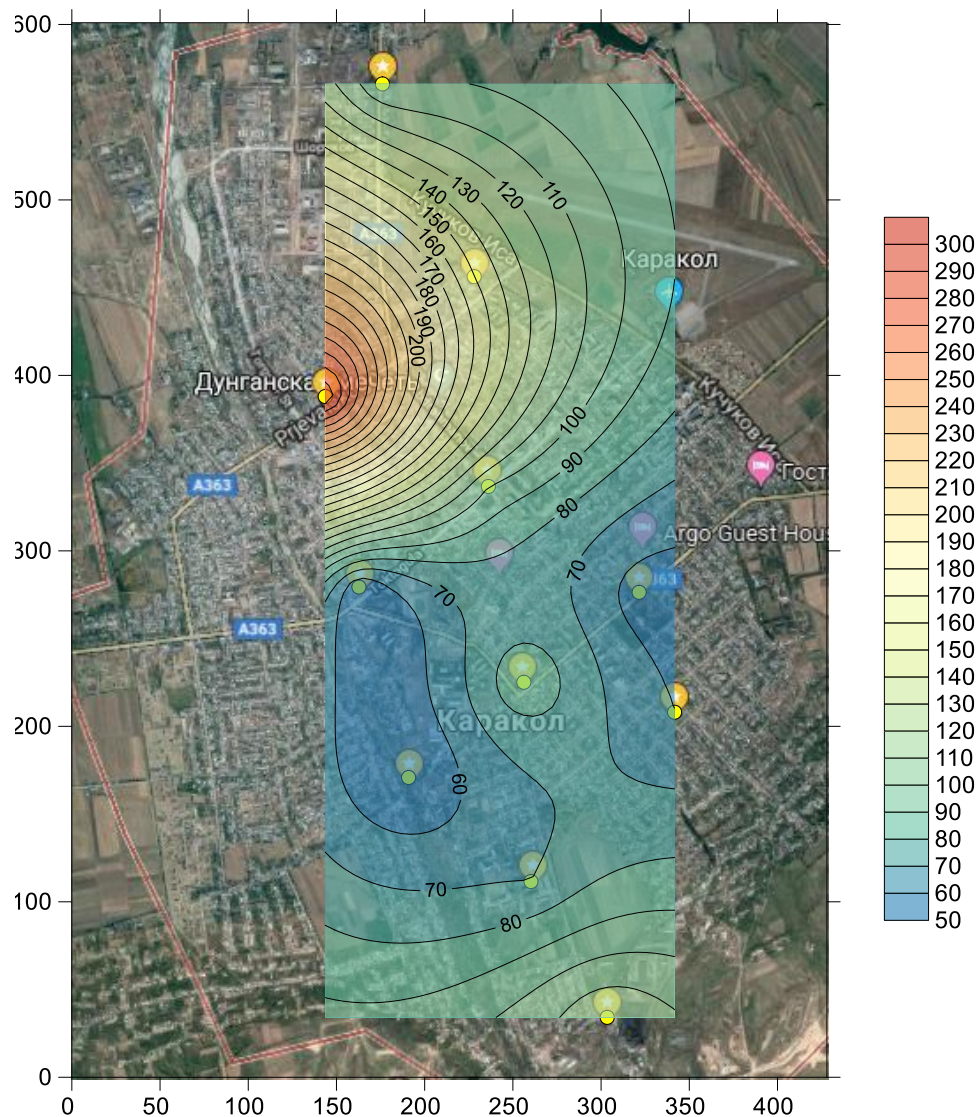


Рис.3.14. Распределение цинка в почвах г. Каракол (мг/кг)

Содержание цинка в почвах г. Каракол варьирует в пределах 50-300 мг/кг, повышенные содержания наблюдаются в районе ул. Масалиева (ТЭС) - 120 мг/кг ($t=8,7$; $p<0,05$), ул. Кутманалиева / ул. Пржевальского - 150 мг/кг ($t=22,7$; $p<0,05$), ул. Торговое / ул. Пржевальского - 300 мг/кг ($t=33$; $p<0,05$), достоверно превышающий контрольный уровень и ПДК в 1,1 – 6,6 раз. Содержание цинка в почвах г. Каракол за 2016, 2017, 2018 годы варьируют примерно на одном уровне (рис. 3.15).

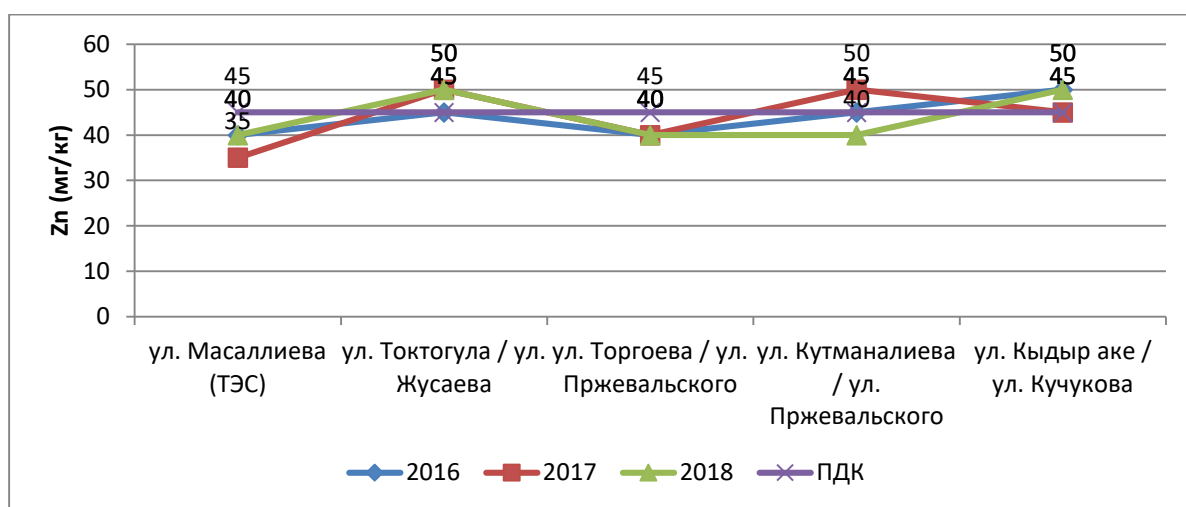


Рис. 3.15. Содержание цинка в отдельных зонах г. Каракол за 2016, 2017, 2018 годы

Анализ геохимических особенностей почв города Каракол в зонах подверженных техногенным нагрузкам показал увеличение содержаний: Pb, Cu, Zn относительно контрольного уровня содержаний данных микроэлементов в почве. Нами проведен расчет показателя абсолютного накопления (ПАН) согласно формуле:

$$\text{ПАН} = (C_{\text{фак}} - C_{\text{фон}}) \times 6 [6]$$

ПАН свинца в почвах пересечения улиц с интенсивным движением автотранспорта (ул. Кыдыр аке / ул. Кучукова): $\text{ПАН} = (80 - 20) \times 6 = 360 \text{ т/км}^2$;

ПАН меди в почвах центральной зоны г. Каракол (ул. Токтогула / ул. Жусаева): $\text{ПАН} = (50 - 22) \times 6 = 168 \text{ т/км}^2$;

ПАН цинка в почвах пересечения с интенсивным движением автотранспорта (ул. Торговое / ул. Пржевальского): $\text{ПАН} = (300 - 55) \times 6 = 1470 \text{ т/км}^2$. Таким образом, можно утверждать, что в верхнем слое почвы толщиной 30 сантиметров в квадратном километре данных территорий г. Каракол накопилось 360 тонн свинца, 168 тонны меди, 1470 тонн цинка (рис. 3.15).

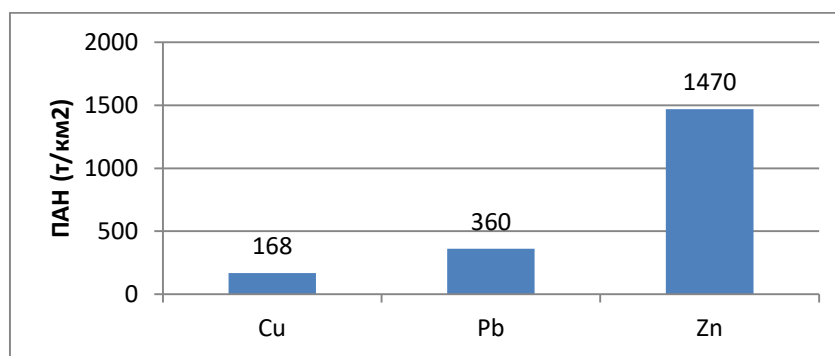


Рис.3.15. Показатель ПАН для почв г. Каракол

Проведен расчет показателя относительного накопления (ПОН) согласно формуле: $\text{ПОН} = \text{ПАН}_{\text{элемента}} / C_{\text{фон}}$ [6]

ПОН свинца в почвах пересечения улиц с интенсивным движением автотранспорта (ул. Кыдыр аке / ул. Кучукова): $\text{ПОН} = 360 / 20 = 18$

ПОН меди в почвах центральной зоны г. Каракол (ул. Токтогула / ул. Жусаева): $168 / 22 = 7,6$

ПОН цинка в почвах пересечения улиц с интенсивным движением автотранспорта (ул. Торговое / ул. Пржевальского): $\text{ПОН} = 1470 / 55 = 26,7$ (рис. 3.16)

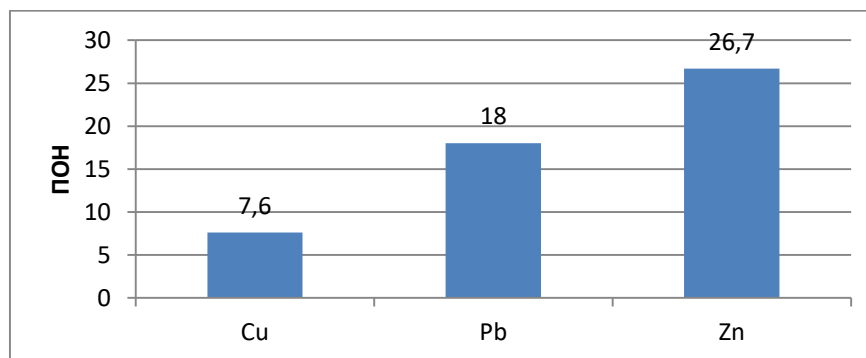


Рис.3.16. Показатель ПОН для почв г. Каракол

ПАН: Cu (168) < Pb (360) < Zn (1470). При анализе этого ряда видно, что в почвах техногенных зон г. Каракол наибольшее накопление характерно для Zn, а наименьшее – для Cu.

ПОН: Cu (7,6) < Pb (18) < Zn (26,7). Этот ряд показывает на то, что Zn и Pb могут оказать более сильное влияние на живые организмы при данном уровне загрязнения почвы [61].

3.5. Содержание микроэлементов в растениях города Каракол

Для определения уровней содержания микроэлементов в почвенно-растительном покрове был произведен отбор проб хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), ели Шренка (*Picea schrenkiana*), листья тополя черного (*Populus nigra*), дуба черешчатого (*Quercus robur*), вяза мелколистного (*Ulmus pumila*), ивы линейнолистной (*Salix linearifolia*). Укосы дикорастущих растений были представлены следующими видами - марь белая (*Chenopodium album*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*), мятлик луговой (*Poa pratensis*), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris*), костер безостый (*Bromopsis inermis*) и др.

Результаты исследований по определению содержаний микроэлементов в растениях г. Каракол представлены в таблице 3.18. В пределах контрольного уровня содержатся следующие микроэлементы: Cu, Bi, As, Ag, Mo, W, Co, Ni, V, Cr, Ga, Ge, Ba, Sr. Повышенные концентрации характерны для свинца и цинка.

Свинец. Содержание свинца в золе сосны обыкновенной произрастающей в контрольной зоне составило 2 мг/кг, для хвои сосны обыкновенной произрастающей в районе центра города (ул. Токтогула / ул. Жусаева) 30 мг/кг (КБП-1), на пересечениях улиц с интенсивным движением автотранспорта (ул. Кыдыр аке / ул. Кучукова; ул. Кутманалива / ул.

Пржевальского) - 30 мг/кг, достоверно превышающий контрольный уровень содержания свинца в хвое сосны обыкновенной 2 мг/кг ($t=28,2$; $p<0,05$).

Несмотря на повышенные содержания свинца в почвах данных территорий, установлены низкие КБП свинца для золы растений, что обусловлено защитными механизмами от избыточного накопления токсичного микроэлемента.

Таблица 3.18 - Содержание цинка и свинца в растениях г. Каракол (мг/кг, на золу)

Место отбора проб	Вид растения	Zn	Pb
		(M $\pm$ m, $p<0.05$)	
Парк «Победы»	Укос (травянистые растения)	60 $\pm$ 4,5	2 $\pm$ 0,1
	Листья тополя черного	200 $\pm$ 12	8 $\pm$ 0,5
	Хвоя сосны обыкновенной	600 $\pm$ 35	10 $\pm$ 0,4
	Хвоя ели Шренка	700 $\pm$ 63	102 $\pm$ 0,3
	Листья дуба черешчатого	95 $\pm$ 7,5	6 $\pm$ 0,3
	Листья вяза низкого	200 $\pm$ 15	5 $\pm$ 0,2
2. ул. Токтогула / ул. Жусаева	Укос (травянистые растения)	450 $\pm$ 25	5 $\pm$ 0,2
	Листья тополя черного	600 $\pm$ 55	25 $\pm$ 3
	Хвоя сосны обыкновенной	1000 $\pm$ 79	30 $\pm$ 2
	Хвоя ели Шренка	1000 $\pm$ 79	30 $\pm$ 2,5
3. ул. Кутманалиева / ул. Пржевальского	Укос (травянистые растения)	100 $\pm$ 7	7 $\pm$ 0,6
	Листья ивы линейнолистной	200 $\pm$ 12	10 $\pm$ 0,8
	Хвоя сосны обыкновенной	500 $\pm$ 19	20 $\pm$ 2,5
	Листья вяза низкого	1000 $\pm$ 72	25 $\pm$ 2,2
4. ул. Кыдыр аке / ул. Кучукова	Укос (травянистые растения)	80 $\pm$ 6	6 $\pm$ 0,5
	Листья тополя черного	300 $\pm$ 22	16 $\pm$ 1,3
	Хвоя сосны обыкновенной	800 $\pm$ 55	30 $\pm$ 2,5

Результаты исследований за 2016, 2017, 2018 годы, свидетельствуют об увеличении уровня накопления свинца в хвое сосны обыкновенной с различных зон г. Каракол (рис. 3.17).

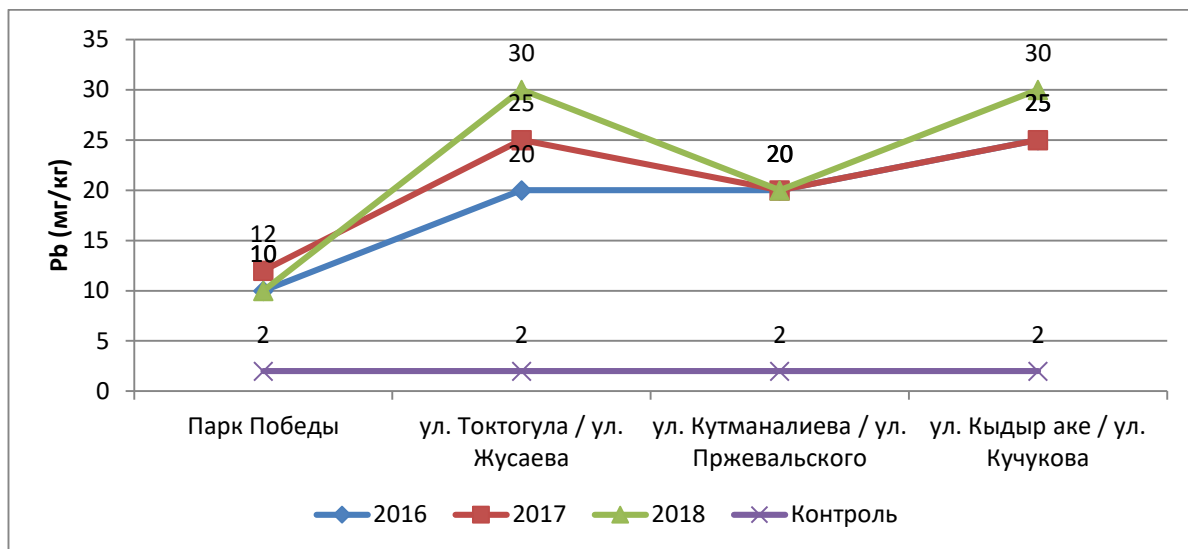


Рис. 3.17. Содержание свинца в хвое сосны обыкновенной с отдельных зон г. Каракол за 2016, 2017, 2018 годы

Цинк. Содержание цинка в золе сосны обыкновенной произрастающей на территории контрольной зоны составило 100 мг/кг, ели Шренка 120 мг/кг. Содержания цинка в хвое ели Шренка и сосны обыкновенной произрастающих в районе центра города (ул. Токтогула / ул. Жусаева) составило 1000 мг/кг (КБП-10), в листьях вяза мелколистного - 1000 мг/кг (КБП-10,8), достоверно превышающий контрольный уровень содержания цинка в хвое ели и сосны 400 мг/кг ($t=2,8$; $p<0,05$). Содержание цинка в хвое сосны обыкновенной с отдельных зон г. Каракол за 2016, 2017, 2018 годы варьирует примерно на одном уровне (рис. 3.18).

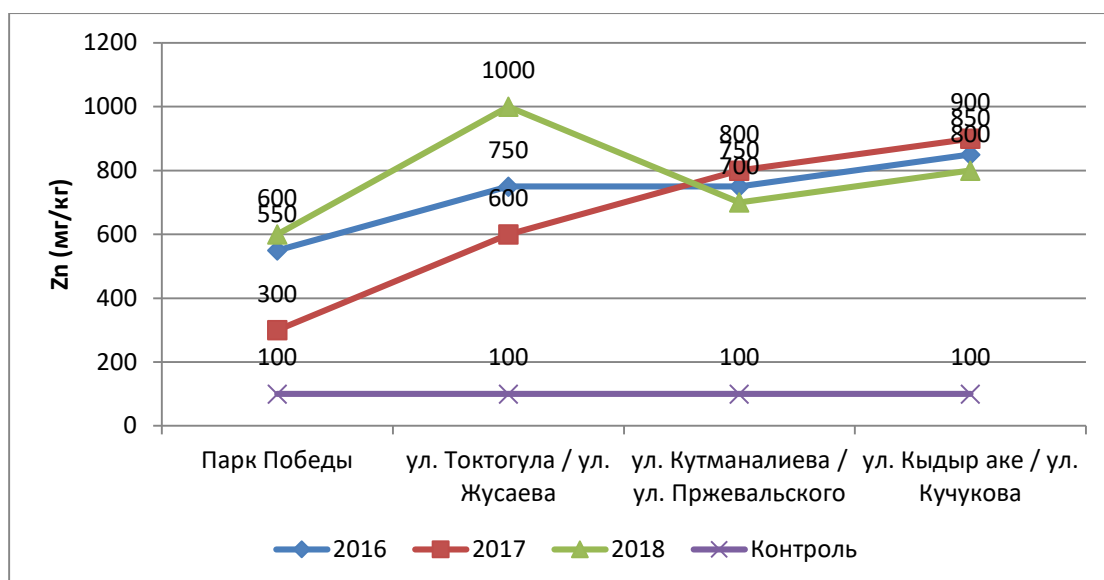


Рис. 3.18. Содержание цинка в хвое сосны обыкновенной с отдельных зон г. Каракол за 2016, 2017, 2018 годы

Результаты исследований показали, что для хвойных и лиственных деревьев г. Каракол, произрастающих в условиях интенсивного движения транспорта, выявлено накопление в хвое и листьях цинка и незначительно свинца, что свидетельствует о техногенных источниках поступления их в окружающую среду. Установлено, что зола хвои, листьев древесных растений накапливает больше данных микроэлементов, чем в укусы травянистых растений (рис.3.19).

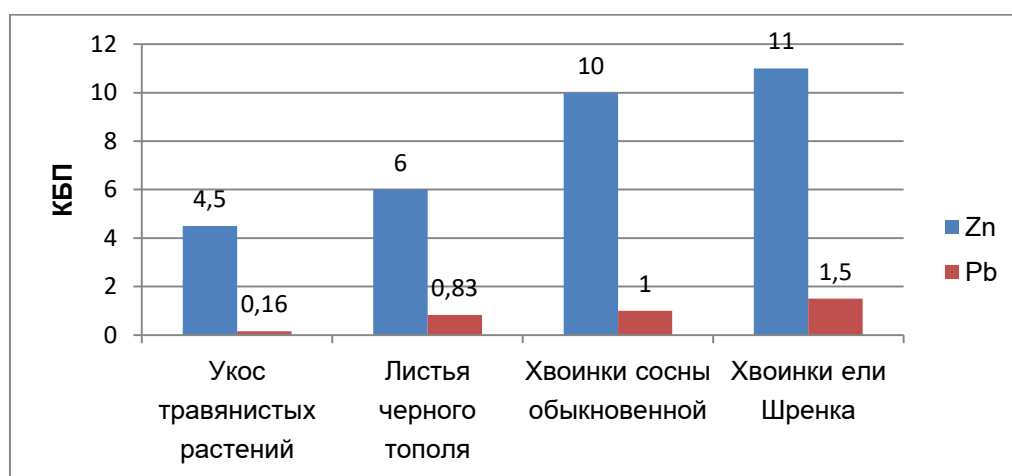


Рис. 3.19. Коэффициенты биологического поглощения Zn, Pb растениями (Центр г. Каракол)

Считается, что сосна обыкновенная наиболее чувствительна к загрязнению атмосферного воздуха. Данное свойство является предпосылкой её выбора в качестве «эталона биодиагностики» - индикатора антропогенного воздействия. Методика индикации частоты атмосферы по хвое сосны состоит в следующем: с 5-10 деревьев сосны 15-20-летнего возраста из боковых побегов в средней части кроны отбирают примерно 200-300 пар хвоинок второго и третьего года жизни. Далее хвоинки делятся на три части по признакам 1.Неповрежденная хвоя, 2. Хвоя с пятнами 3. Хвоя с признаками усыхания), и затем подсчитывается количество хвоинок в группах [93].

Результаты определения состояния хвои сосны обыкновенной отобранной в различных зонах г. Каракол представлены в таблице 3.19.

Таблица 3.19 - Состояние хвои сосны обыкновенной отобранной в различных зонах г. Каракол

№ Место отбора	Количество обследованных хвоинок	Количество хвоинок с пятнами и усыханием	
		Число	%±m, p<0.05
Контроль	200	10	5±0,68
ул. Масалиева (ТЭС)	200	18	9±2
ул. Токтогула / ул. Жусаева (Центр города)	200	28	14±2,4
ул. Кыдыраке / ул. Кучукова	200	25	12,5±2,3
ул. Кутманалиева / ул. Пржевальского	200	22	11±2,2

Процент хвоинок с пятнами и усыханием в контрольном уровне составил 5% (рис.3.20, рис. 3,21, рис. 3.22). Наиболее высокие показатели установлены в районе центра города: процент хвоинок с пятнами и усыханием

- 14%, что статистически достоверно превышает контрольный уровень ($t=3,6$; $p<0,05$), в районе пересечения улиц с интенсивным движением автотранспорта (ул. Кыдыр аке / ул. Кучукова) - 12,5% ($t=3,1$; $p<0,05$). Установлена достоверная корреляционная зависимость между содержанием свинца в хвоинках сосны обыкновенной и уровнем хвоинок с пятнами и усыханием ($r=0,95$, $t=4,3$; $p<0,05$).



Рис. 3.20. Хвоя сосны обыкновенной (нормальное состояние)



Рис. 3.21. Хвоя сосны обыкновенной с пятнами



Рис.3.22. Хвоя сосны обыкновенной с усыханием

Результаты биоиндикационных исследований с использованием хвоинок сосны обыкновенной с участков г. Каракол с интенсивным движением автотранспорта показали увеличение количества хвоинок с пятнами и усыханием, что свидетельствует об техногенных источниках поступления экотоксикантов в окружающую среду [57, 63].

3.6. Экологические аспекты озеленения города Каракол

Озеленение является важной составной частью градостроительства, в котором необходимо учитывать биологические особенности деревьев и кустарников, подбирать необходимые виды растений с учетом условий города. В качестве рекомендаций в целях озеленения города Каракол, необходимо высаживать больше лиственных деревьев, не менее 70% от общего количества высаживаемых растений. Пыль, скапливающаяся в кронах деревьев в течение лета опадает вместе с листвой. Лиственные деревья создают большой шумовой барьер. Хвойные деревья, особенно сосна обыкновенная, плохо переносят загазованность атмосферного воздуха. Пыль накапливается в их кронах до 10 лет (рис. 3.23, рис. 3.24).



Рис. 3.23. Сосна обыкновенная (ул. Жусаева)



Рис. 3.24. Сосна обыкновенная (ул. Кыдыр аке)



Рис. 3.25. Посадки ели Шренка (ул. Жусаева)



Рис. 3.26. Посадки пихты (объездная дорога)

Основной ассортимент деревьев и кустарников, рекомендуемые для озеленения города Каракол:

1. Тополь серебристый (*Populus alba*)
2. Тополь пирамидальный (*Populus nigra*)
3. Береза повислая (*Betula pendula*)
4. Вяз мелколистный (*Ulmus pumila*)

Эти породы должны составлять основную массу насаждений города и высаживаться вдоль городских магистралей. Тополя и карагач не следует высаживать в скверах и парках. Так как пух дают только женские особи тополей рекомендуется высаживать только мужские экземпляры.

Дополнительный ассортимент деревьев и кустарников, которые можно рекомендовать для зеленого строительства. Это породы, которые хорошо переносят условия города Каракол, имеют высокие декоративные качества и могут быть использованы при проектировании и реконструкции парков и скверов города, а также в жилых массивах:

1. Дуб черешчатый (*Quercus robur*)
2. Ясень влаголюбивый (*Fraxinus sogdiana*)
3. Клен остролистный (*Acer platanoides*)
4. Липа сердцевидная (*Tilia cordata*)
5. Каштан конский (*Aesculus hippocastanum*)
6. Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia*)
7. Ель тянь-шанская (*Picea schrenkiana*)
8. Ель колючая (*Picea pungens*)
9. Сосна крымская (*Pinus pallasiana*)
10. Пихта Семенова (*Abies semenovii*)
11. Дугласия Мензиса (*Pseudotsuga menziesii*)
12. Ива (*Salix*) единично вблизи фонтанов и водоемов

Ассортимент ограниченного пользования может быть использован при единичных посадках для озеленения небольших территорий перед офисами и красивыми зданиями:

1. Туя колоновидная (*Thuja occidentalis Columna*)
2. Биота восточная (*Thuja orientalis*)
3. Форзиция (*Forsythia*)
4. Бульденеж (*Viburnum opulus*)

Необходимо составить генеральный план озеленения города и на базе зеленхоза в питомнике выращивать данные виды из семян и черенков местного происхождения.

3.7. Содержание микроэлементов на территории полигона ТБО города Каракол

В настоящее время город Каракол сталкивается с экологическими проблемами утилизации твердых бытовых отходов. Каракольская свалка расположена примерно в 9 км от северо-западной части центра города. Юго-западная сторона участка граничит с дорогой от г. Каракол до с. Пристань. Речка Кара-Суу проходит в пределах 100 метров от северного конца участка; она впадает в озеро Иссык-Куль в 3 км к северо-западу. Около 700 метров к юго-западу от участка имеется водохранилище площадью 340 гектаров, используемое для орошения сельскохозяйственных земель. Восточная и западная стороны свалки граничат с кустарниковыми зарослями, которые ведут к пахотным землям. По данным коммунального предприятия г. Каракол «Тазалык», в 2013 году на территорию полигона было вывезено 58 514 м³ отходов. Отходы содержат от 80 до 86% твердых веществ, обломков и не перерабатываемых материалов в зимние месяцы, в результате чего очень мало потока отходов имеет любую возможность рециркулировать либо путем извлечения материалов, либо производством компоста. В весенние месяцы наблюдается снижение процента инертных материалов до 68% и заметное увеличение доли пищевых отходов (15%) и некоторой части подлежащей вторичной переработке (стеклянные бутылки).

Полигон представляет собой карьер площадью 4 га, не имеющий противофильтрационные экраны, уловителей и обработки фильтрата, с горно-долинными светло-каштановыми почвами с включениями гравия, с высокой проницаемостью, низким удерживающим потенциалом и низким органическим содержанием (рис. 3.27). В мае 2016 года нами был произведен отбор проб почв в районе полигона 3 точки и за пределами полигона 1 точка (рис. 3.28).



Рис. 3.27. Полигон ТБО г. Каракол



Рис. 3.28. Точки отбора проб почв на территории полигона ТБО г. Каракол

Содержание в почвах Ag, Bi, Sn, Cr, Mo, W, Mn, Ni, Ti, V, Ga, Li, Ge, Sr, Co варьируют в пределах местного фонового уровня, содержание

следующих микроэлементов достоверно выше контрольного уровня: Cu в 1,3-1,6 раз ($t=17,6$; $p<0,05$); Zn в 1,6-3,3 раз ($t=19,7$; $p<0,05$); Pb в 1,5-3,5 раз ($t=14,1$; $p<0,05$); As в 6-10 раз ($t=12,7$; $p<0,05$), Ba в 1,3-1,6 ($t=2,8$; $p<0,05$). Превышение ПДК в почве установлено по Zn в 2,2-4,4 раз, Pb в 1,5-2,2 раз, As в 3-5 раз (табл. 3.20).

Таблица 3.20 - Среднее содержание микроэлементов в районе полигона ТБО г. Каракол (мг/кг, абс. сухой вес)

№	Место отбора	Cu	Zn	Pb	As	Ba
		(M $\pm$ m, $p<0.05$)				
1	Полигон ТБО, точка 1	50 $\pm 3,8$	100 $\pm 11,2$	30 $\pm 3,8$	10 $\pm 1,6$	500 $\pm 7,9$
2	Полигон ТБО, точка 2	40 $\pm 4,1$	150 $\pm 14,5$	50 $\pm 4,2$	6 $\pm 0,8$	400 $\pm 3,8$
3	Полигон ТБО, точка 3	50 $\pm 4,5$	200 $\pm 15,8$	70 $\pm 7,9$	6 $\pm 0,5$	500 $\pm 4,5$
4	За полигоном ТБО (Контроль)	30 $\pm 2,5$	60 $\pm 4,5$	20 $\pm 1,5$	1 $\pm 0,2$	300 $\pm 3,5$

Проведены расчеты показателя абсолютного накопления (ПАН) относительно местного фонового уровня элементов в почвах за пределами полигона ТБО согласно формуле: $\text{ПАН} = (C_{\text{фак}} - C_{\text{фон}}) \times 6$ [6]

$$\text{ПАН (Cu)} = (50-30) \times 6 = 120 \text{ т/км}^2$$

$$\text{ПАН (Zn)} = (200 - 60) \times 6 = 840 \text{ т/км}^2;$$

$$\text{ПАН (Pb)} = (70 - 20) \times 6 = 300 \text{ т/км}^2;$$

$$\text{ПАН (As)} = (10 - 1) \times 6 = 54 \text{ т/км}^2;$$

$$\text{ПАН (Ba)} = (500 - 300) \times 6 = 1200 \text{ т/км}^2.$$

Таким образом, можно утверждать, что в верхнем слое почвы толщиной 30 сантиметров на квадратном километре полигона ТБО г. Каракол

накопилось: 54 тонн мышьяка, 120 тонны меди, 300 тонн свинца, 840 тонн цинка, 1200 тонн бария (рис. 3.29).

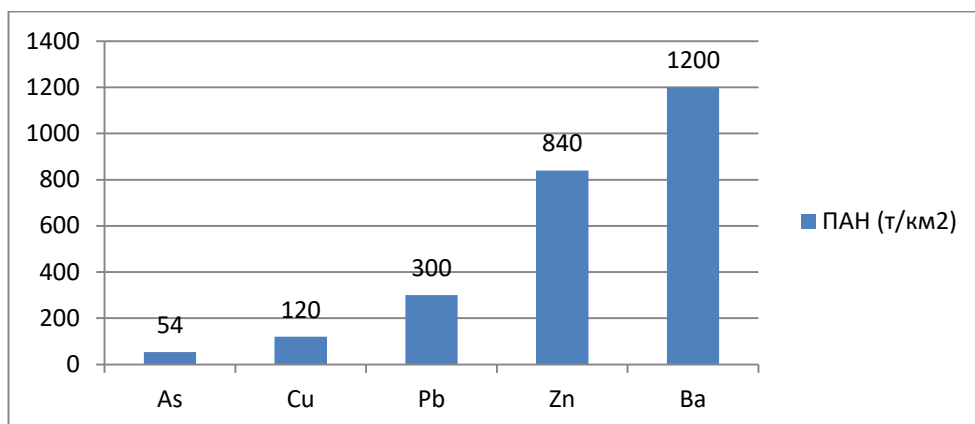


Рис.3.29. Показатель ПАН для почв полигона ТБО

Проведены расчет показателя относительного накопления (ПОН) для полигона ТБО г. Каракол согласно формуле:

$$\text{ПОН} = \text{ПАН}_{\text{элемента}} / C_{\text{фон}} [6]$$

$$\text{ПОН (Cu)} = 120 / 30 = 4;$$

$$\text{ПОН (Zn)} = 840 / 60 = 14;$$

$$\text{ПОН (Pb)} = 300 / 20 = 15;$$

$$\text{ПОН (As)} = 54 / 1 = 54;$$

$$\text{ПОН (Ba)} = 1200 / 300 = 4 \text{ (рис. 3.30).}$$

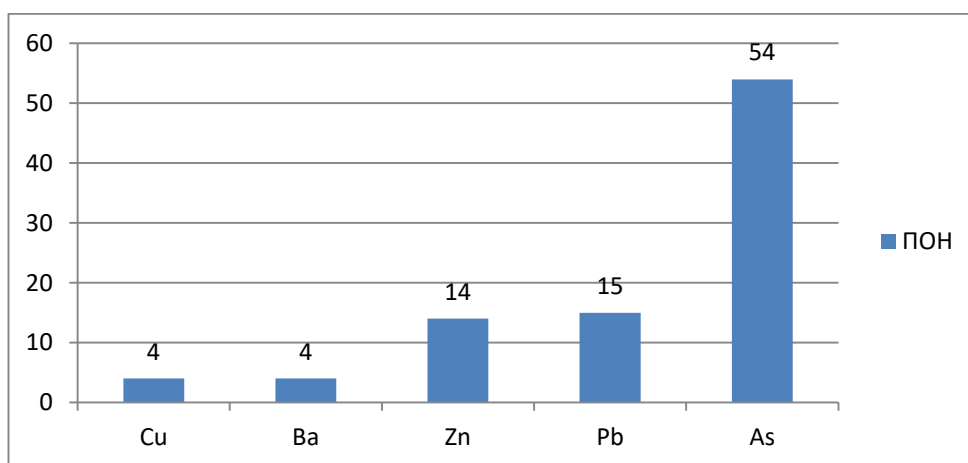


Рис.3.30. Показатель ПОН для почв полигона ТБО

ПАН: As (54) < Cu (120) < Pb (300) < Zn (840) < Ba (1200). При анализе этого ряда видно, что наибольшее накопление в почвах полигона ТБО характерно для Ba, а наименьшее – для As.

ПОН: Ba (4) = Cu (4) < Zn (14) < Pb (15) < As (54). Расположение элементов в этом ряду отличается от расположения в ряду ПАН. Данное расположение показывает, что As может оказать более сильное влияние на живые организмы при данном уровне загрязнения почвы.

3.8. Содержание микроэлементов в сточных водах очистных сооружений города Каракол

В настоящее время город Каракол сталкивается экологическими проблемами очистки сточных вод. Очистительные сооружения сточных вод г. Каракол, проектной мощностью - 22000 м³, день были построены в 70-х годах XX-века с использованием технологии продолженной аэрации, но пришли в обветшалое состояние, плохо очищенная сточная вода является потенциальным источником загрязнения окружающей среды (рис. 3.31, рис. 3.32).



Рис.3.31. Очистительные сооружения сточных вод г. Каракол



Рис.3.32. Картосхема очистных сооружений сточных вод г. Каракол

Очистительное сооружение включает:

- Решетки-дробилки – 3 ед.
- Песколовки – 2 ед.
- Первичные отстойники – 3 ед.
- Вторичные отстойники – 3 ед.
- Аэротенки – 4 ед.
- Биопруды – 4 ед.

Из существующих 4-х биопрудов, два заилены. В первичных и вторичных отстойниках под воздействием агрессивной среды 80% металлоконструкций пришли в негодность. Иловым площадкам требуется очистка. Биологическая очистка сточной воды не производится, так как при длительной эксплуатации аэротенков фильтросные пластины вышли из строя, из-за отсутствия электродвигателей мощностью 125-160 кВт, воздуходувки не работают. После очистки сточная вода поступает в бассейн-накопитель, далее насосной станцией перекачивается на полив сельскохозяйственных полей площадью 620 га (рис.3.33, рис. 3.34, рис. 3.35).



Рис. 3.33. Бассейн-накопитель



Рис. 3.34. Сточная вода на выходе насосной станции



Рис. 3.35. Очищенная сточная вода, идущая на орошение с/х земель

В июле и в октябре 2017 года нами были отобраны разовые пробы сточных вод очистительных сооружений г. Каракол на разных стадиях очистки (решетки, песколовки; первичные, вторичные отстойники; биопруды; на выходе очистных сооружений). Одновременно с отбором проб воды произведен отбор проб илистых осадков сточных вод с иловых площадок. Результаты содержаний химических элементов в сточных водах представлены в таблице 3.21. Содержание химических элементов (Mn, Ni, Cr, Cu, Pb, P) в сточных водах отвечают допустимым нормам качества оросительной воды необходимых для нормального развития сельскохозяйственных культур и функционирования мелиоративной системы установленных в КР [106].

ПДК иона аммония (по азоту) в воде составляет 1,5 мг/л [30]. В пробах сточной воды на выходе очистных сооружений содержание аммония составило 10,75 мг/л, на выходе насосной станции – 3,25 мг/л. Как показывают результаты, происходит уменьшение содержания иона аммония в сточной

воде в конечной точке очистки, однако наблюдается превышение ПДК в 2,2 раз.

ПДК нитритов в воде составляет 3,3 мг/л, нитратов 45 мг/л [106]. Содержание нитритов и нитратов в пробах сточной воды на выходе очистных сооружений и насосной станции не превышают ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (табл. 3.22).

Таблица 3.21 - Содержания микроэлементов в сточных водах (мг/л)

Место отбора проб	(M±m, p<0.05)					
	Mn	Ni	Cr	Cu	Pb	P
1. Решётки, песколовки	0,009± 0,002	0,001± 0,0003	0,01± 0,002	0,004± 0,0003	0,001± 0,0001	0,9 ±0,2
2. Первичный отстойник	0,015± 0,003	0,002± 0,0005	0,003± 0,0005	0,006± 0,0003	0,002± 0,0001	1,5 ±0,2
3. Вторичный отстойник	0,07± 0,01	0,001± 0,0003	-	0,005± 0,0002	-	1,7 ±0,2
4. Биопруд №1	0,016± 0,004	0,001± 0,0002	-	0,006± 0,0003	-	2 ±0,3
5. Биопруд №2	0,054± 0,012	0,001± 0,0002	-	0,005± 0,0002	-	2,5 ±0,3
6. На выходе очистных сооружений	0,088± 0,021	0,044± 0,005	0,26± 0,05	0,004± 0,0001	0,0009	2,0 ±0,3
7. На выходе насосной станции	0,0012± 0,0003	0,012± 0,003	0,027± 0,008	0,004± 0,0001	0,0009	1,2 ±0,2
Норматив [106]	0,1	0,2	0,5	1	0,03	10

Таблица 3.22 - Содержания азота аммонийного, нитратного и нитритного в сточных водах (мг/л)

Показатель	На выходе очистных сооружений	На выходе насосной станции	ПДК
	(M±m, p<0.05)		
Аммоний	10,75±1,2	3,25±0,5	1,5
Нитраты	0,13±0,03	0,53±0,08	45
Нитриты	<0,003	<0,003	3,3

Илисто-глинистые фракции донных осадков являются информативным показателем присутствия ряда химических элементов в поверхностных водах. Фоновые содержания химических элементов в них близки к содержаниям этих элементов в глинах и почвах [23]. В осадках сточных вод отобранных с иловых площадок повышенные концентрации установлены для Мо (2,5 раз), Cu (2-4,5 раз), Р (2,5-3,75 раз). Содержание других микроэлементов (Mn, Co, Cu, Pb, Zn, Sr, Ba) находится в пределах кларка (табл. 3.23).

Таблица 3.23 - Содержания микроэлементов в осадках сточных вод (мг/кг, абс. сухой вес)

Место отбора проб	(M±m, p<0.05)		
	Мо	Cu	P
Иловая площадка №1	5±0,6	90±7,5	3000±25
Иловая площадка №2	-	40±2,8	2000±15

После прохождения всех стадий очистки сточная вода поступает в бассейн-накопитель, далее вода поступает в насосную станцию, после разбавления с чистой водой, она перекачивается на полив сельскохозяйственных полей площадью 620 га.

3.9. Удельная активность радионуклидов в почвах города Каракол

Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения на территории г. Каракол была измерена в 30 точках (табл.3.24; рис.3.36).

Таблица 3.24 – Точки измерения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения на территории г. Каракол

№	Место измерения	Координаты (GPS)	
1.	ул. Масалиева (ТЭС)	42.459539	78.404137
2.	Река Каракол (100 м. от реки)	42.456538	78.397670
3.	Микрорайон «Кашка-Суу»	42.467785	78.398442
4.	Микрорайон Кашка-Суу	42.468627	78.397890
5.	Ипподром	42.467504	78.401158
6.	ул. Жамансариева / ул.Туркестанская	42.477580	78.405449
7.	ул. Алыбакова / ул.Туркестанская	42.480023	78.409273
8.	Обл.больница	42.484306	78.416471
9.	ул. Масалиева / ул. Карасаева	42.479364	78.396074
10.	Парк Победы	42.485254	78.406724
11.	ул. Карасаева / ул. Жакыпова	42.491449	78.415390
12.	Река Каракол ул. Карасаева	42.473840	78.387727
13.	Парк Пушкина	42.485282	78.391082
14.	ул. Токтогула / ул. Парковая	42.485173	78.383738
15.	Река Каракол ул. Токтогула	42.484473	78.381195
16.	Центр города	42.491846	78.394294
17.	Парк студентов	42.491153	78.398918
18.	ул. Токтогула / ул. Гебзе	42.493961	78.397298
19.	ул. Токтогула / ул. Туманова	42.497691	78.402713
20.	Аэропорт	42.501968	78.408585

№	Место измерения	Координаты (GPS)	
21.	Каракольский базар	42.492428	78.383196
22.	ул. Кутманалиева / ул. Алдашева	42.499542	78.397771
23.	ул. Абдрахманова / ул.Пржевальского	42.500093	78.386621
24.	Микрорайон «Восход»	42.502563	78.395052
25.	Автовокзал	42.504438	78.393753
26.	Река Каракол с. Бору-Баш	42.526187	78.366693
27.	ул. Кадыр-Аке	42.516899	78.385614
28.	Дорога Бишкек-Балыкчы-Каракол	42.531984	78.382009
29.	ул. Искакова / ул. Элебаева	42.472161	78.372507
30.	Дорога Бишкек-Балыкчы-Каракол (юг)	42.482768	78.365222

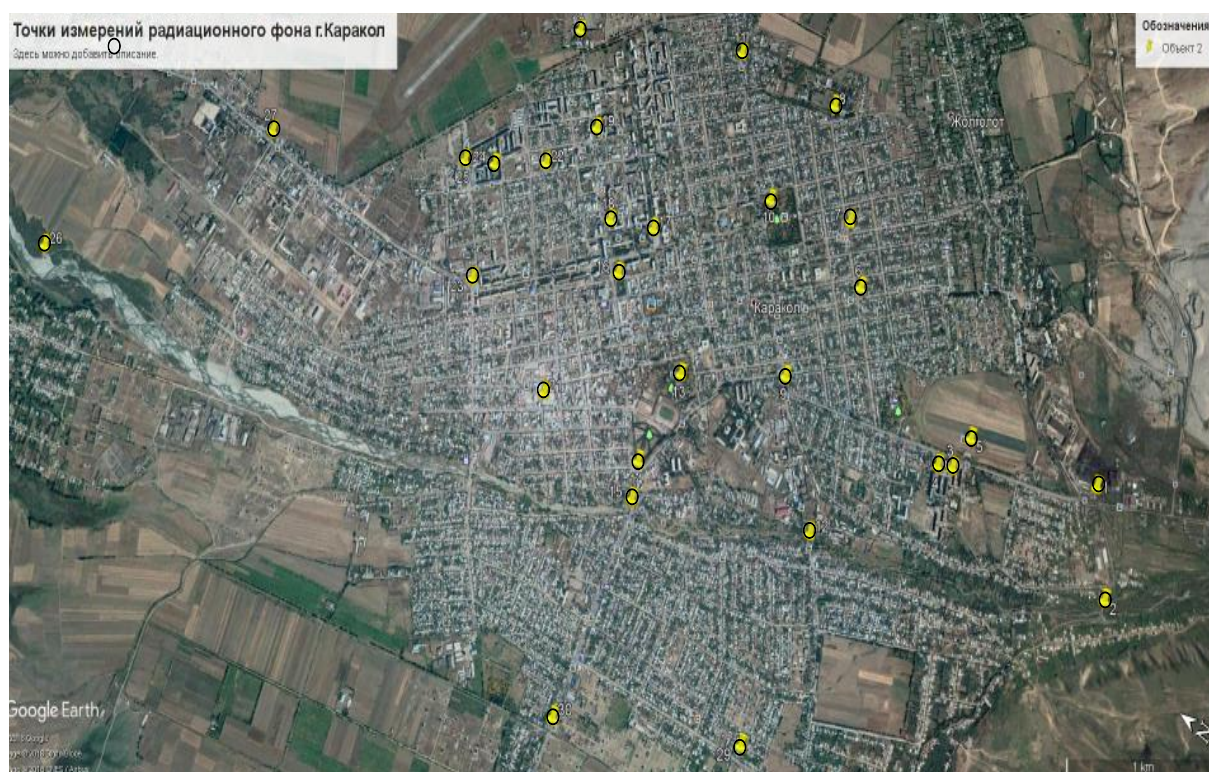


Рис. 3.36. Точки измерений радиационного фона на территории г. Каракол

Мощность радиационного фона по гамма-излучению на территории г. Каракол варьирует в пределах 16 - 30 мкР/ч (табл. 3.25). Безопасным считается уровень радиации до величины, приблизительно 50 микрорентген в час, согласно Закона КР Технический регламент «О радиационной безопасности» мощность дозы гамма-излучения на прилегающей территории не должна превышать 30 мкР/ч [53].

Таблица 3.25 - Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения на территории г. Каракол

№	Место измерения	мкР/ч (max-min)	мкР/ч ($M \pm m$, $p < 0.05$)
1	Каракольская ТЭС	27-33	30 $\pm$ 3
2	Река Каракол (100 м. от реки)	17-25	21,6 $\pm$ 3.4
3	Микрорайон «Кашка-Суу»	20-26	23,3 $\pm$ 2.7
4	Микрорайон «Кашка-Суу»	19-23	21 $\pm$ 2
5	Ипподром	20-24	22 $\pm$ 2
6	ул. Жамансариева / Туркестанская	19-23	21 $\pm$ 2
7	ул. Алыбакова / Туркестанская	16-20	18 $\pm$ 2
8	Обл.больница	19-23	21 $\pm$ 2
9	ул. Масалиева / Карасаева	20-26	23 $\pm$ 3
10	Парк «Победы»	20-23	21,6 $\pm$ 1.4
11	ул. Карасаева / Жакыпова	20-28	24 $\pm$ 4
12	Река Каракол ул. Карасаева	20-28	24 $\pm$ 4
13	Парк им. А.С.Пушкина	17-21	19 $\pm$ 2
14	ул. Токтогула / Парковая	19-25	22 $\pm$ 3
15	Река Каракол ул. Токтогула	22-28	25 $\pm$ 3

№	Место измерения	мкР/ч (max-min)	мкР/ч ($M \pm m$, $p < 0.05$)
16	Центр города	19-21	20,6 $\pm$ 1
17	Парк студентов	18-26	22 $\pm$ 4
18	ул. Токтогула / Гебзе	20-26	23 $\pm$ 3
19	ул. Токтогула / Туманова	19-23	21 $\pm$ 2
20	Аэропорт	20-24	22 $\pm$ 2
21	Каракольский базар	24-28	26 $\pm$ 2
22	ул. Кутманалиева / Алдашева	22-24	23 $\pm$ 1
23	ул. Абдрахманова / Пржевальского (кольцо)	26-30	28 $\pm$ 2
24	Микрорайон «Восход»	25-26	24,6 $\pm$ 1
25	Автовокзал	25-29	27 $\pm$ 2
26	Река Каракол с. Бору-Баш	20-26	23 $\pm$ 3
27	ул. Кадыр-Аке	22-26	24 $\pm$ 2
28	Дорога Бишкек-Балыкчы-Каракол (север)	21-25	23 $\pm$ 2
29	ул. Исакова / Элебаева	20-26	23 $\pm$ 3
30	Дорога Бишкек-Балыкчы-Каракол (юг)	20-24	22 $\pm$ 2

Неоднородное распределение естественных радионуклидов в почвах, земных породах, поверхностных и подземных водах оказывает незначительное влияние на природный радиационный фон. По 30 точкам измерения радиационного фона с использованием компьютерной программы Golden Software Surfer 11 составлена карта-схема мощности экспозиционной дозы гамма-излучения на территории г. Каракол (рис. 3.37).

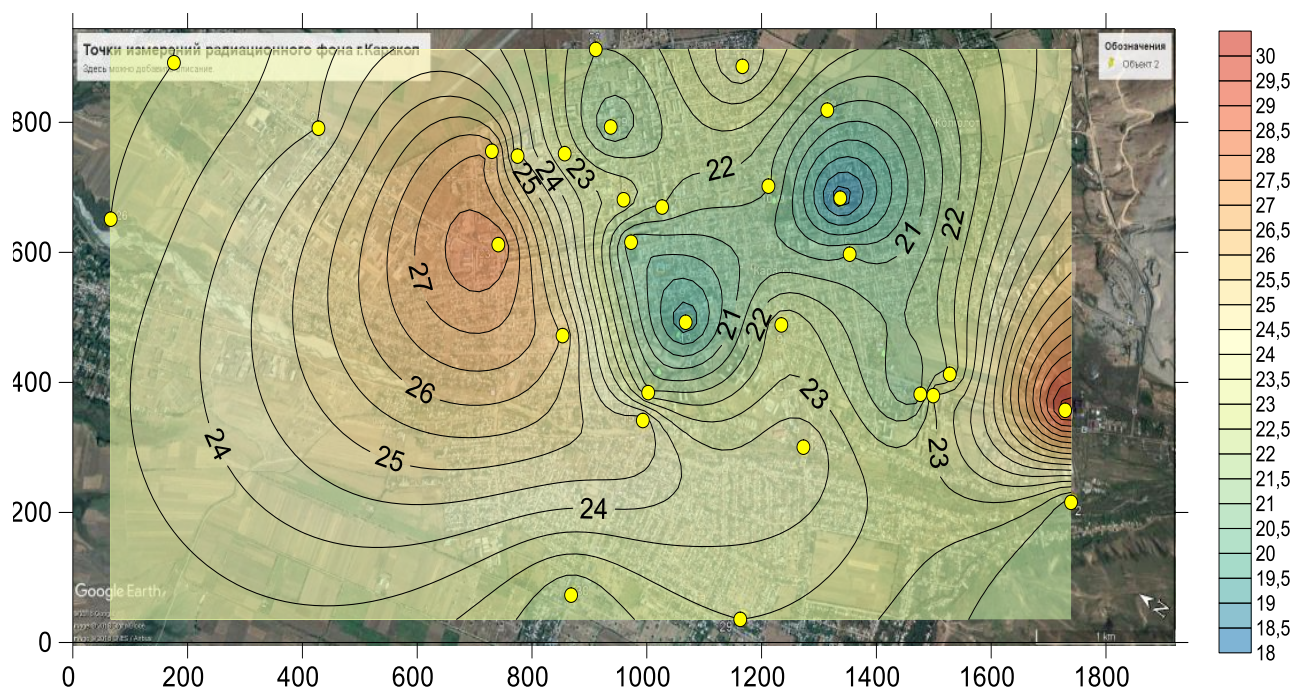


Рис. 3.37. Картосхема мощности экспозиционной дозы гамма-излучения на территории г. Каракол, с использованием программы Surfer 11 (мкР/ч)

Вариации уровня экспозиционной дозы в течение трех лет незначительны (рис. 3.38).

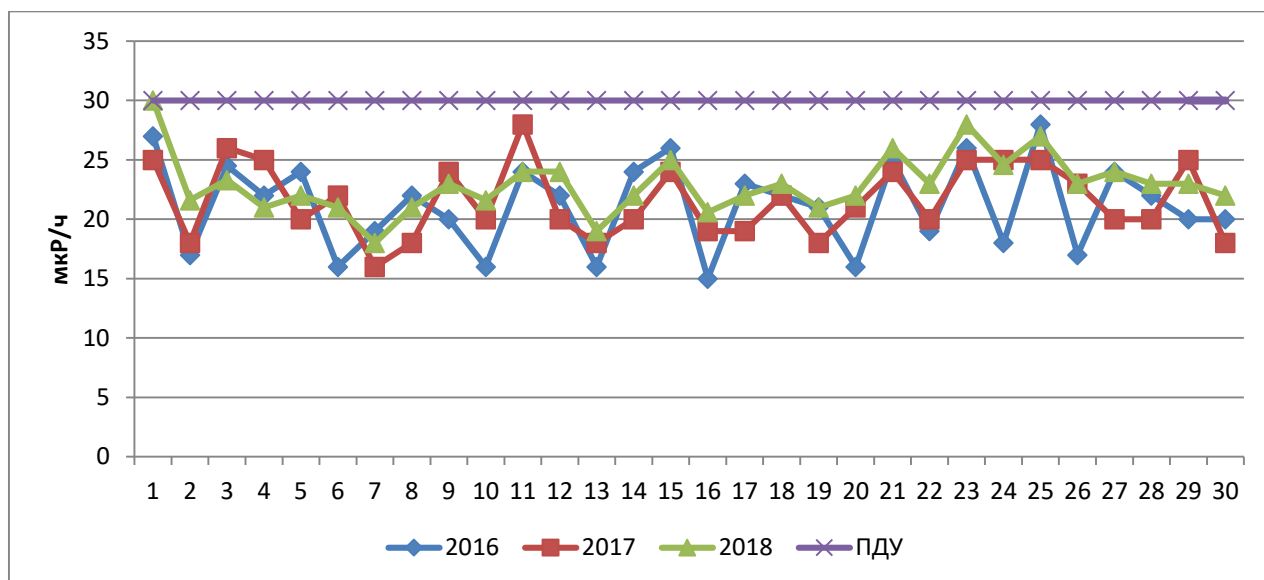


Рис. 3.38. Вариации уровня экспозиционной дозы на территории г. Каракол по 30 точкам измерений за 2016, 2017, 2018 годы

В жилых районах г. Каракол (микрорайоны «Кашка-Суу»; «Восход») в местах отдыха (парк «Победы») были взяты пробы почвы для определения радионуклидного состава (табл. 3.26, рис. 3.39).

Таблица 3.26 – Контрольные участки отбора проб почв на территории г. Каракол для гамма-спектрометрического анализа

№	Место отбора проб	Координаты (GPS)	
1.	Каркольский гос. природный парк	42.422858	78.435223
2.	Микрорайон «Кашка-Суу»	42.467785	78.398442
3.	Парк «Победы»	42.485254	78.406724
4.	Микрорайон «Восход»	42.502563	78.395052



Рис. 3.39. Измерение радиационного фона и отбор проб почвы в микрорайоне «Кашка-Суу»

^{238}U . Накопление урана в различных типах почв определяется главным образом их генезисом, топографией по отношению к выходам пород, условиями миграции и биогенными факторами. Так как Иссык-Кульская котловина является естественной урановой биогеохимической провинцией, региональный фон урана повышен и варьирует в пределах 0,00012 - 0,00064 % (14,9 - 79,6 Бк/кг) [25, 82]. По результатам наших исследований видно, что удельная активность ^{238}U в почвах г. Каракол меняется в пределах 39,8-70,8 Бк/кг, т.е. находится на уровне местного фона характерного для Иссык-Кульской области. Более высокие концентрации урана для горных светло-каштановых почв Каракольского природного парка 78 Бк/кг, связанные с особенностями горной местности данной территории (табл. 3.27). Вариации удельной активности урана в почвах г. Каракол за 2016, 2017, 2018 годы не значительны (рис. 3.40).

Таблица 3.27 - Содержание радионуклидов в почвах города Каракол

Место отбора	$\text{U}/^{234}\text{Th}$	^{232}Th	^{40}K	^{137}Cs
	Удельная активность, Бк/кг ($M \pm m$, $p < 0.05$)			
ГПП «Каракол»	78,1±	57,1±	606±	7,6±
	4,9	5,2	6,3	0,2
Микрорайон «Кашка-Суу»	39,8±	50,1±	523±	5,9±
	2,3	5,1	5,4	0,2
Парк «Победы»	70,8±	57,1±	624±	3,9±
	5,3	4,5	5,5	0,3
Микрорайон «Восход»	55,5±	58,7±	552±	3,9±
	3,2	4,9	5,2	0,3

^{232}Th . В зависимости от типа почв диапазон содержаний ^{232}Th меняется в пределах 7-50 Бк/кг, кларк ^{232}Th в почве составляет 32,8 Бк/кг, для осадочных пород – 45 Бк/кг [118]. Удельная активность ^{232}Th в почвах г.

Каракол варьирует в пределах 50,1-58,7 Бк/кг, кларк концентрации составил (1,5-1,8).

^{40}K . Радиоактивность почв в основном зависит от содержания в ней ^{40}K , на долю которого приходится 84 %. Кларк ^{40}K в земной коре составляет 655 Бк/кг [118]. В почвах г. Каракол удельная активность ^{40}K ниже кларкового уровня 523-624 Бк/кг (рис. 3.41).

^{137}Cs . По установленным нормам удельной активности техногенных радионуклидов Санитарных правил СанПин 2.6.1.2612-10 "Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)", при которых допускается неограниченное использование материалов: для ^{137}Cs - 100 Бк/кг [110]. Показатель глобального фонового загрязнения почв мира радиоцезием составляет в 10-25 Бк/кг [1]. Содержание ^{137}Cs в почвах г. Каракол намного ниже данного норматива и варьирует в пределах 3,6-7,6 Бк/кг.

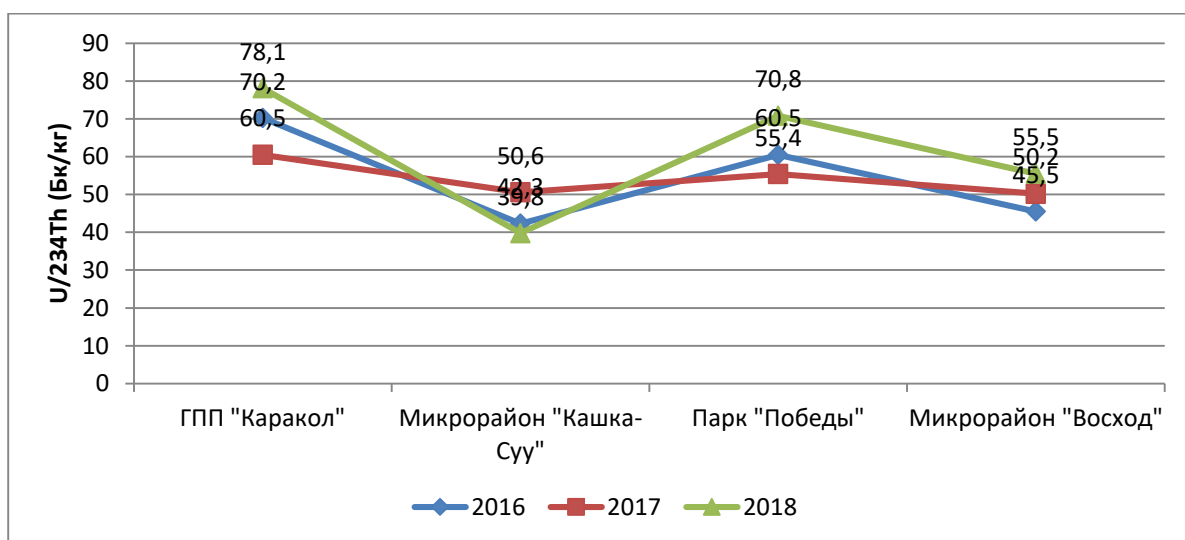


Рис. 3.40. Удельная активность урана в почвах г. Каракол за 2016, 2017, 2018 годы

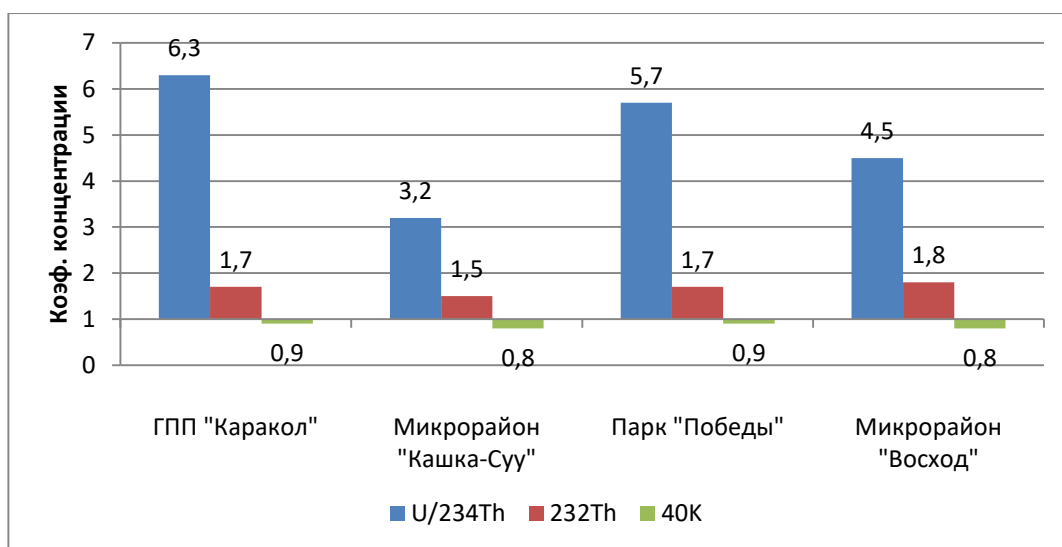


Рис. 3.41. Коэффициент концентрации радионуклидов в почвах г. Каракол

3.10. Радиоэкологические исследования с использованием программы Erica tool 1.2

В настоящее время в радиоэкологическом мониторинге окружающей среды широко используются компьютерные программы. Для оценки радиационной опасности наземных и водных экосистем используется Программа Erica tool 1.2. на основании численных данных содержания радиоактивных элементов в почве или в воде, программа производит расчеты доз облучения, оценку радиационных рисков.

Для радиоэкологической оценки наземной экосистемы нами были введены данные удельной активности урана в почвах Каракольского государственного природного парка в программу Erica tool 1.2. Рабочий лист программы Erica tool 1.2 представлен на рисунке 3.42, красным цветом показано, что мхи и лишайники способны накапливать больше урана, чем другие организмы. При удельной активности урана в почве – 78,1 Бк/кг, программой были произведены расчеты удельной активности урана в живых организмах, коэффициент его концентрации, общая поглощенная доза, коэффициент риска (рис. 3.43, рис. 3.44, рис. 3.45, рис. 3.46).

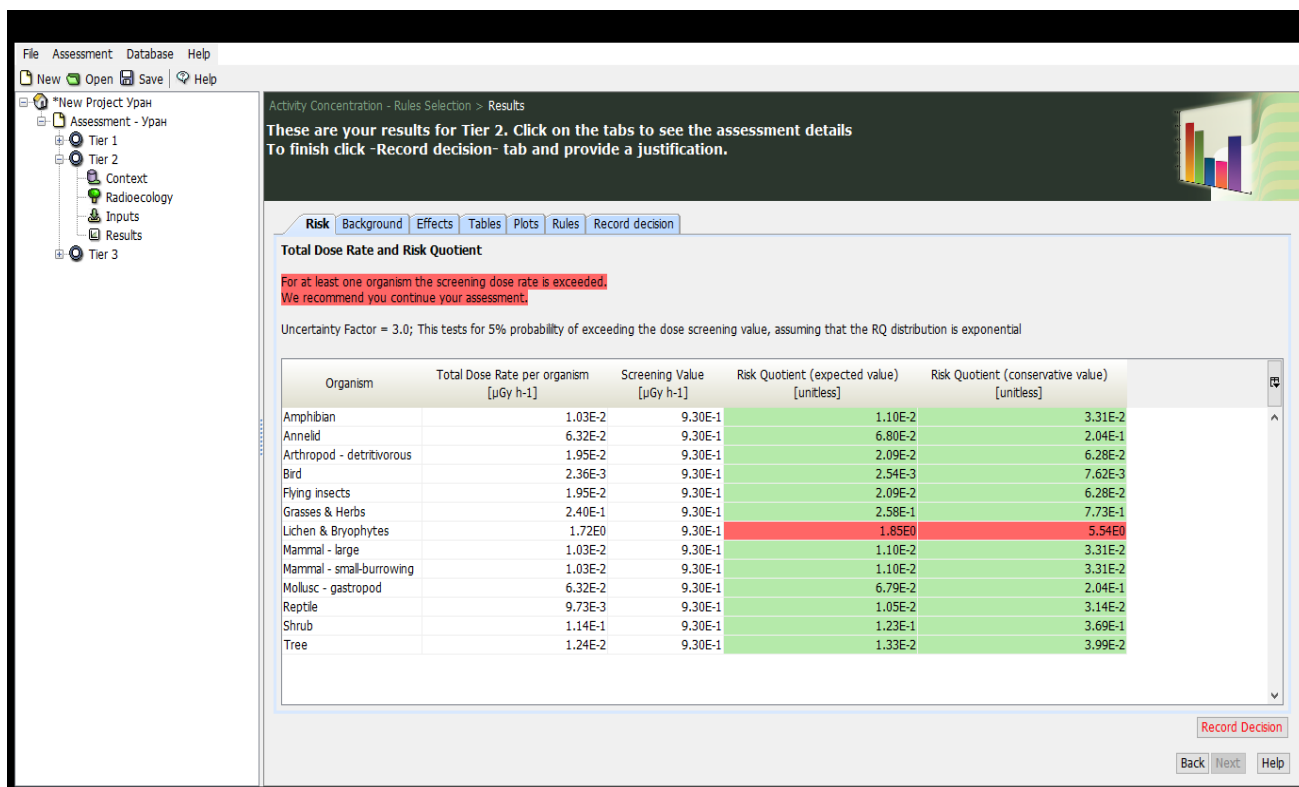


Рис. 3.43. Расчетные данные программыERICA tool 1.2

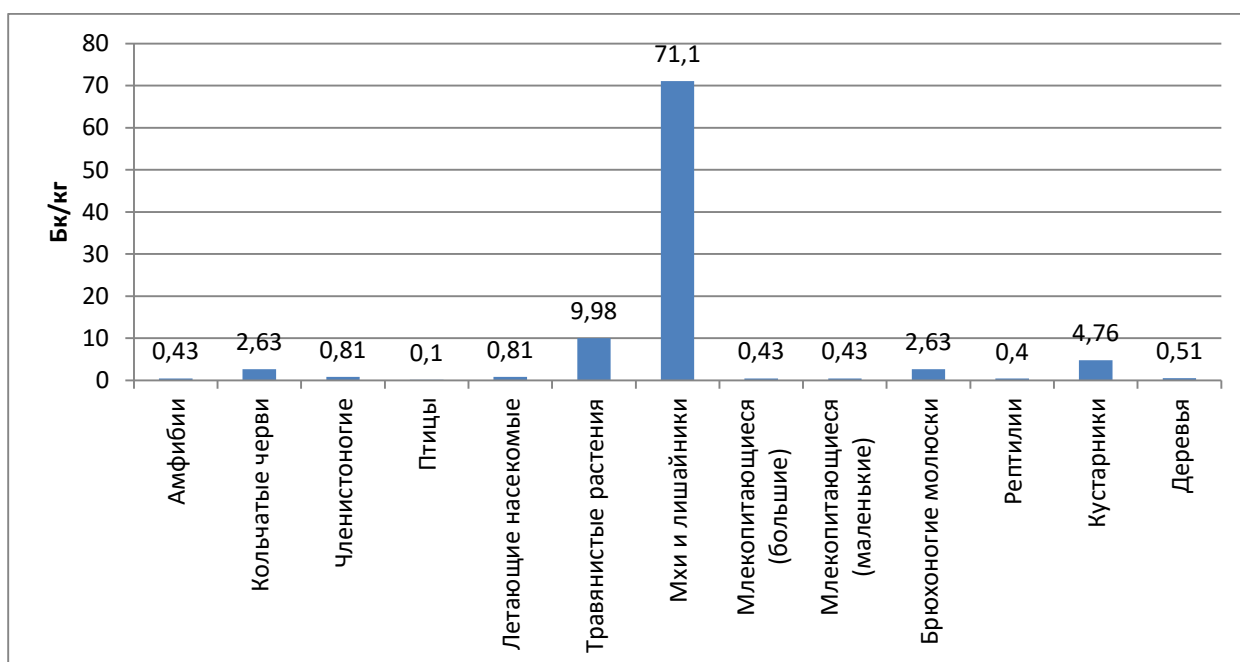


Рис. 3.44. Удельная активность урана в живых организмах

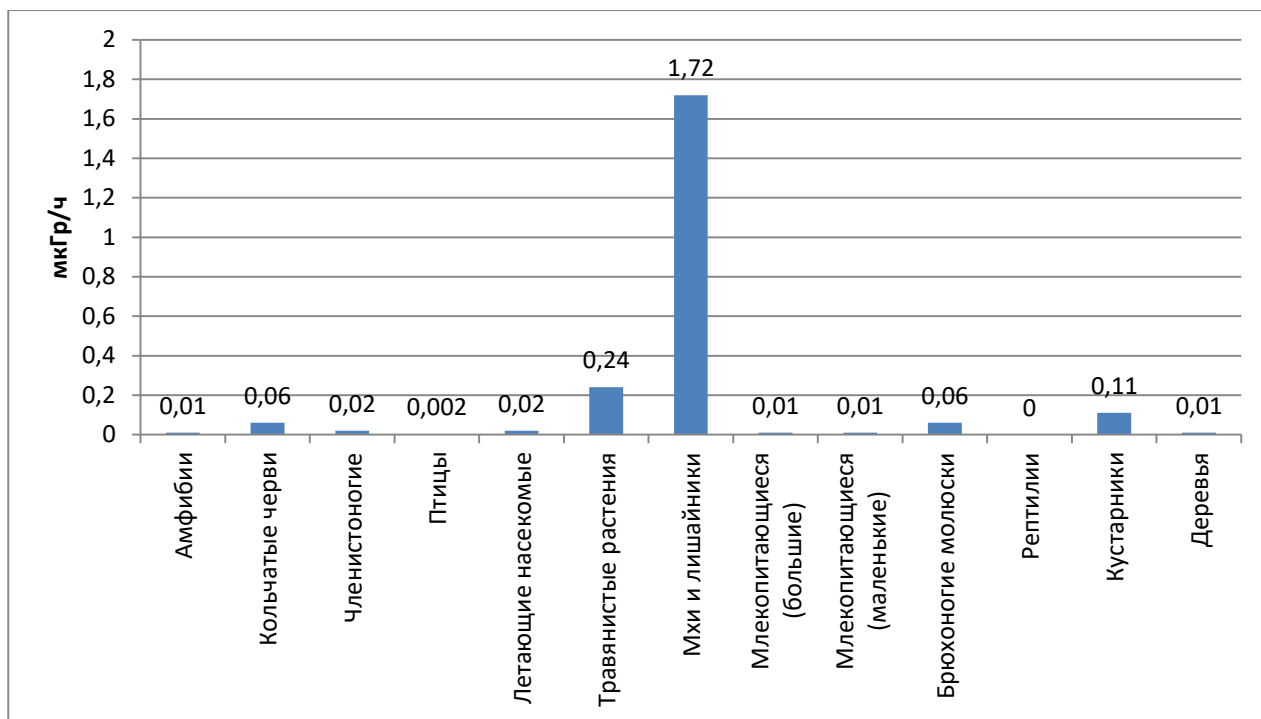


Рис. 3.45. Поглощённая доза для живых организмов

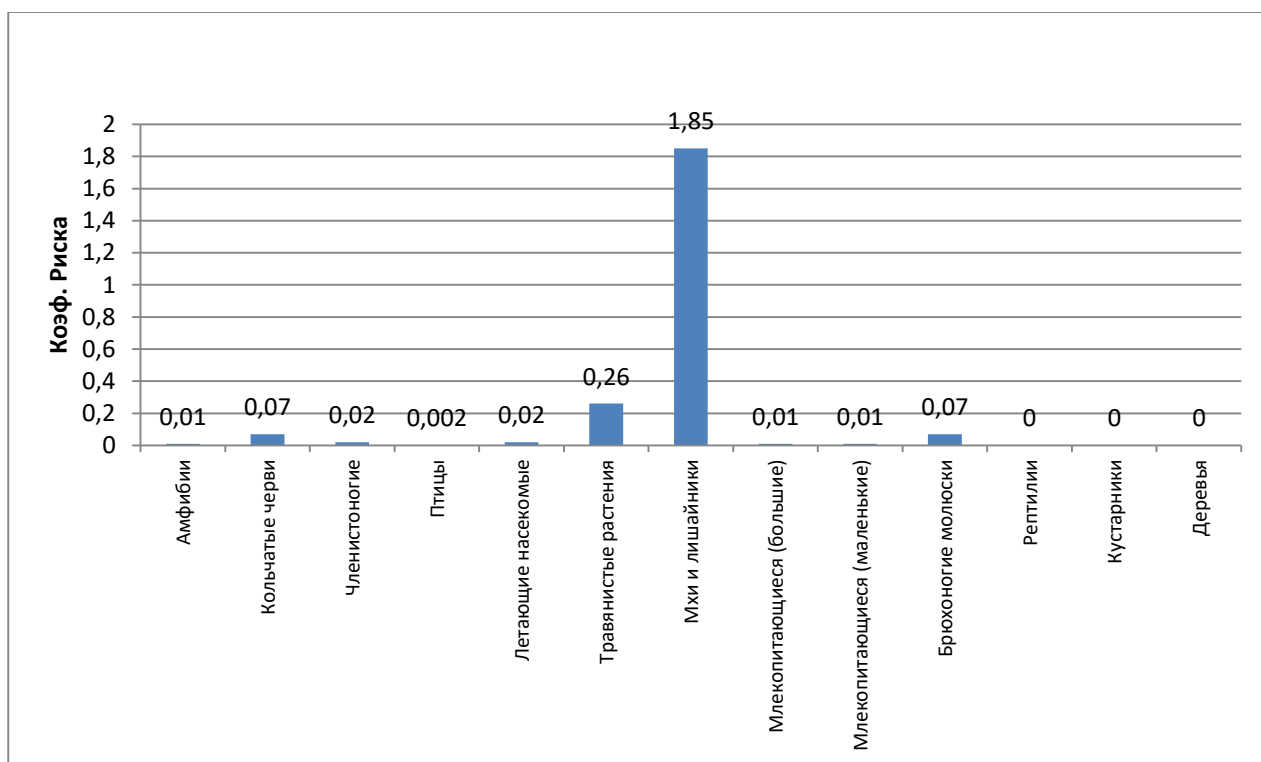


Рис. 3.46. Коэффициент риска для живых организмов

Возможные радиобиологические эффекты в пределах данных поглощенных доз представлены в таблице 3.28.

Таблица 3.28 - Возможные радиобиологические эффекты в пределах расчетных поглощенных доз по базе данных программы Erica tool 1.2

Организмы	Поглощенная доза (мкГр/ч)	Радиобиологические эффекты
Травы	0-50	<u>Одуванчик</u> . Умеренное снижение количества растений с листьями (22%). Увеличение числа хромосомных отклонений от нормы (3, 4 - раз). <u>Скерда</u> . Увеличение частоты аберрантных клеток в анализе анафазы (в 2,7 раза), но не оказывает воздействия на увеличение аберрантных клеток в анализе метафазы. <u>Ячмень</u> . Умеренный рост растений с аномалиями (1,6 раза) и восковой склонностью к возвращению (1,89 раза). <u>Горох</u> . Незначительной разницей по массе семян.
Деревья	0-50	<u>Сосна</u> . Увеличение % пожелтения у хвои сосны. Увеличение частоты мутаций в локусах аллозимов и эндоспермах с мутациями в локусах ферментов (в 3 раза).
Мхи и лишайники	0-50	Нет статистически значимого влияния радиации на плотность видов.
Кольчатые черви	0-50	Нет статистически значимого влияния радиации на жизненные показатели организмов.
Членистоногие-детритофаги	0-50	Нет статистически значимого влияния радиации на жизненные показатели организмов.

Организмы	Поглощенная доза (мкГр/ч)	<u>Радиобиологические эффекты</u>
Насекомые (летающие)	0-50	<u>Нет</u> <u>значительного</u> <u>влияния</u> <u>на</u> <u>уровни</u> <u>рецессивных</u> <u>сцепленных</u> <u>с</u> <u>полом</u> <u>летальных</u> <u>мутаций</u> .
Брюхоногие моллюски	0-50	<u>Нет</u> <u>статистически</u> <u>значимого</u> <u>влияния</u> <u>радиации</u> <u>на</u> <u>жизненные</u> <u>показатели</u> <u>организмов</u> .
Амфибии	0-50	<u>Нет</u> <u>данных</u> <u>по</u> <u>радиобиологическим</u> <u>эффектам</u> .
Рептилии	0-50	<u>Нет</u> <u>данных</u> <u>по</u> <u>радиобиологическим</u> <u>эффектам</u> .
Птицы	0-50	<u>Нет</u> <u>статистически</u> <u>значимого</u> <u>влияния</u> <u>радиации</u> <u>на</u> <u>жизненные</u> <u>показатели</u> <u>организмов</u> .
Млекопитающие (мелкие)	0-50	<u>Мыши</u> . Нет статистически значимого влияния на массу тела. <u>Полевки</u> . Незначительное уменьшение клеток периферической крови (обратимое снижение на 15-50%). <u>Другие</u> . Незначительное снижение массы тела (снижение на 10%). Нет статистически значимого влияния на густоту волос.
Млекопитающие (большие)	0-50	Нет статистически значимого влияния радиации на жизненные показатели организмов.

Радиоэкологические исследования с использованием программы Ericsa tool 1.2 показали, что фактор риска для живых организмов не значителен, мхи и лишайники способны накапливать больше урана, чем другие организмы. Согласно базы данных возможных радиобиологических эффектов программы Ericsa tool 1,2 у таких растений как одуванчик, скерда, ячмень, сосна в пределах поглощённых доз (0-50 мкГр/ч) возможно проявление морфо-физиологических отклонений от нормы и увеличение уровня хромосомных aberrаций.

Из литературных данных известно, что уран, как и другие радиоактивные элементы в малых дозах стимулирует рост и развитие растений. Однако при увеличении их концентрации в почве наблюдается токсическое действие урана, которое выражается в пожелтении и скручивании листьев, утончении корней, угнетение прорастания семян. Исследованиями В.В. Ковальского на территории только двух населенных пунктов: Каджи-Сай и Кок-Мойнок Иссык-Кульской области обнаружена морфологическая изменчивость растений. Изменчивости подвергались генеративные и вегетативные органы. Наиболее часто проявляется нарушение пигментации цветка, распространённое у разных видов растений [81, 82]. Проведенные результаты цитогенетических исследований дикорастущих растений Каджи-Сая показали, что частота хромосомных нарушений варьирует в пределах 1,0-3,4%. В спектре нарушений хромосом преобладают отклонения от нормы хроматидного типа – одиночные фрагменты и хроматидные мосты, что говорит о воздействии мутагенов химической природы на генетический аппарат дикорастущих растений [74].

Для радиоэкологической оценки водной экосистемы нами были введены данные удельной активности урана в воде и донных отложениях реки Каракол в устьевой зоне. Суммарная альфа-активность воды 0,1 Бк/л примерно соответствует содержанию урана в воде 0,004 мг/л (0,05 Бк/л). Программой были произведены расчеты удельной активности урана в живых организмах, коэффициент его концентрации, общая поглощенная доза,

коэффициент риска. Возможные радиобиологические эффекты в пределах данных поглощенных доз представлены в таблице 3.29. Рабочий лист программы Erics tool 1.2 представлен на рисунке 3.47, желтым цветом показано, водоросли и брюхоногие моллюски способны накапливать больше урана, чем другие организмы (рис. 3.48, рис. 3.49, рис. 3.50).

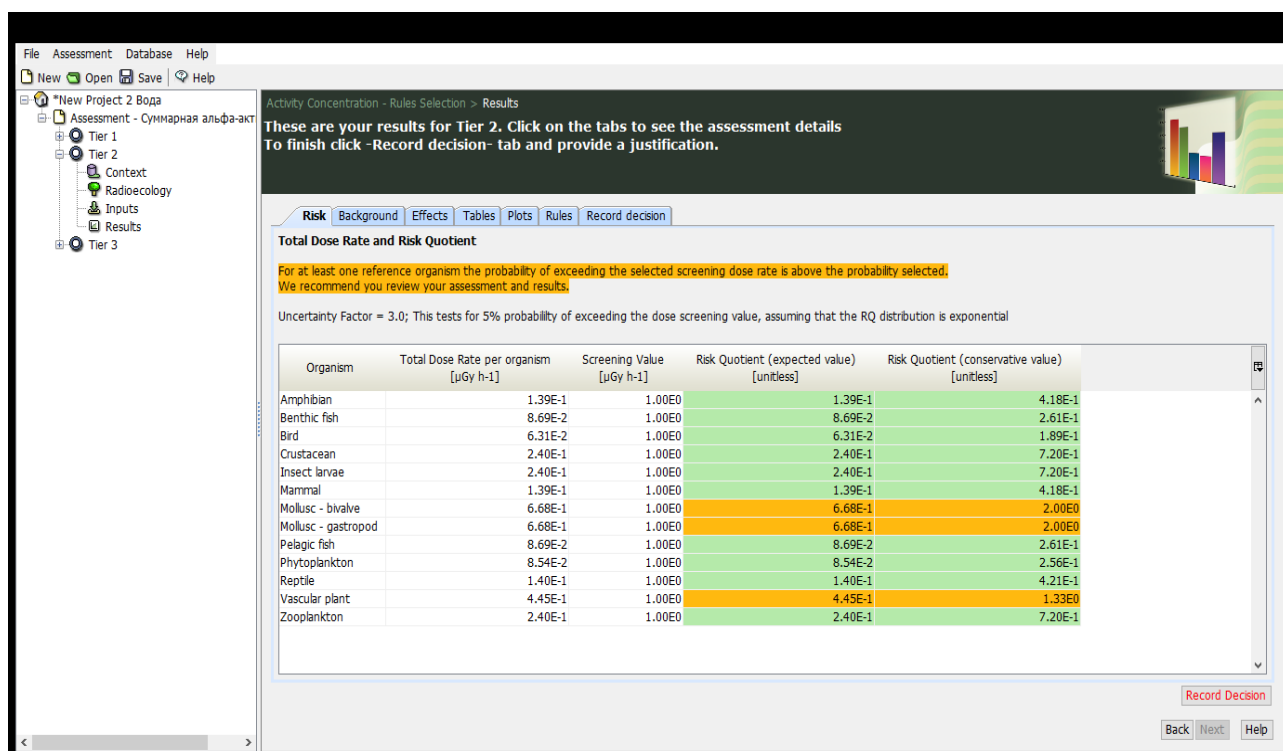


Рис. 3.48. Расчетные данные программы Erics tool 1.2

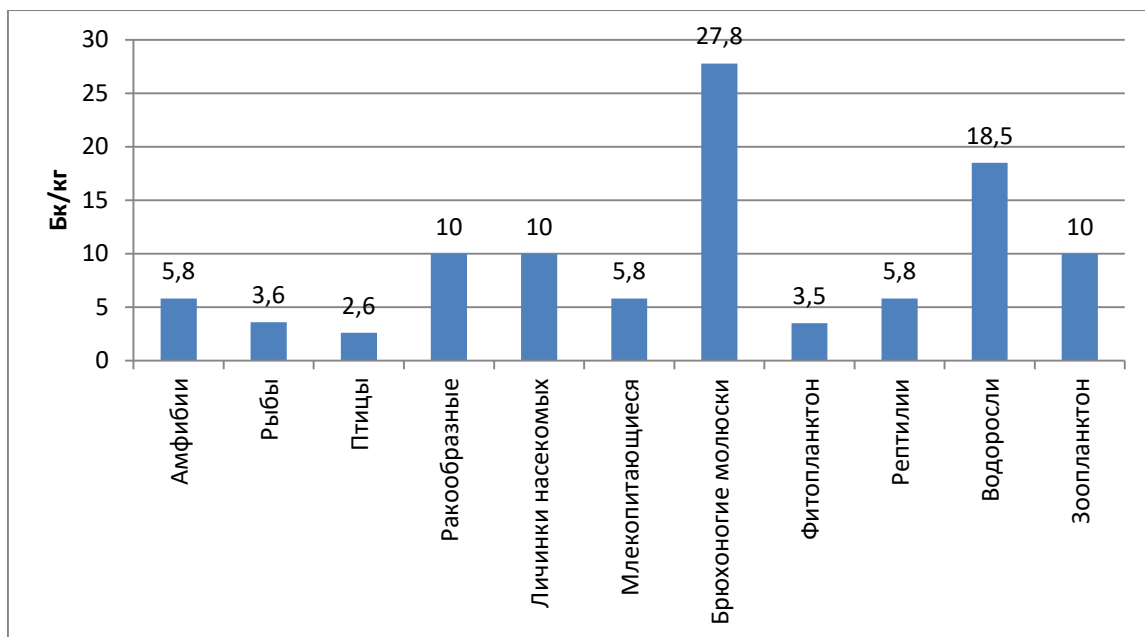


Рис. 3.49. Удельная активность урана в живых организмах

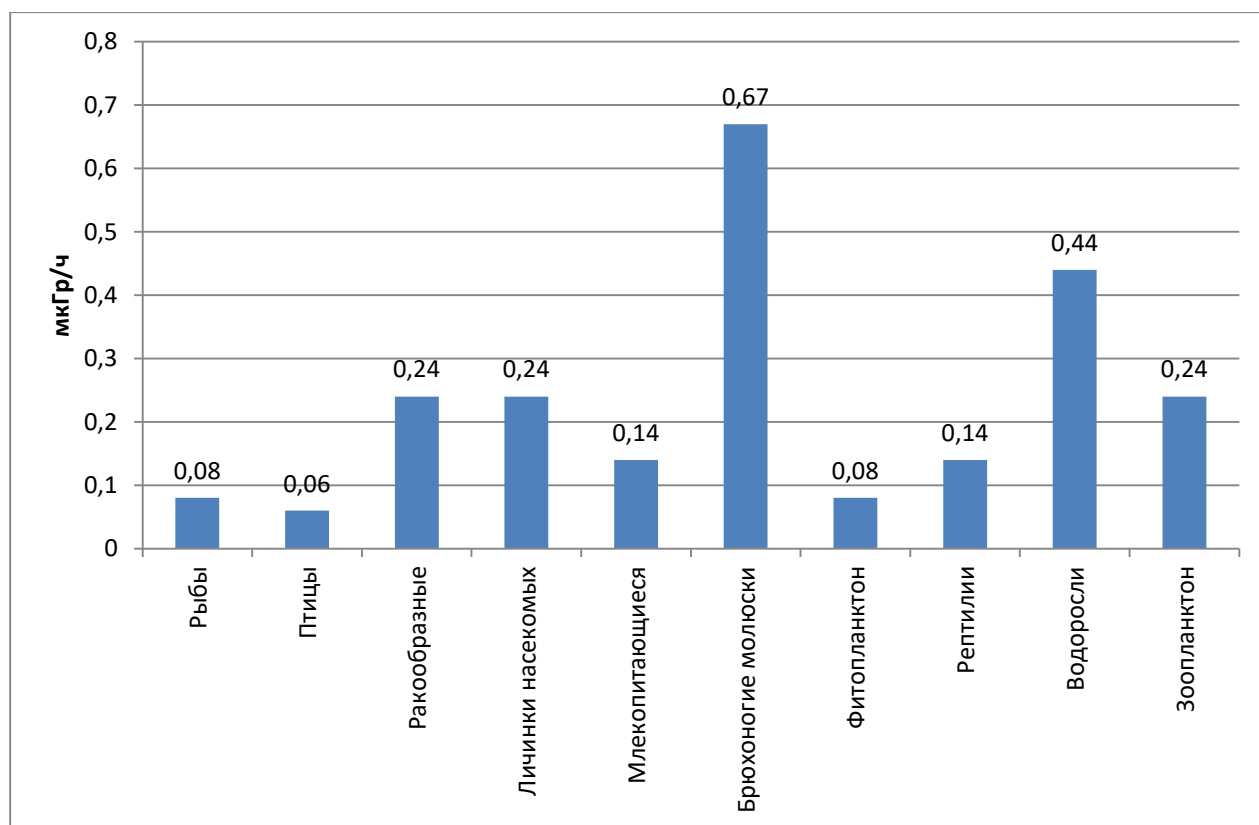


Рис. 3.50. Поглощённая доза для живых организмов

Таблица 3.29 - Возможные радиобиологические эффекты в пределах расчетных поглощенных доз по базе данных программы Erica tool 1.2

Организмы	Поглощенная доза (мкГр/ч)	Радиобиологические эффекты
Водоросли	0-50	Незначительное стимулирующее влияние на рост (в 1, 2 раза).
Фитопланктон	0-50	Нет статистически значимого влияния радиации на жизненные показатели организмов.
Зоопланктон	0-50	Незначительное увеличение рождаемости (<1,5 раза).
Ракообразные	0-50	Нет статистически значимого влияния радиации на жизненные показатели организмов.
Личинки насекомых	0-50	Умеренное увеличение цитогенетического повреждения в соматических клетках.
Брюхоногие моллюски	0-50	<u>Нет значительного влияния радиации на частоту аномальных личинок независимо от температуры выращивания (20, 24 и 28 °C).</u>
Рыбы	0-50	<u>Щука.</u> Нет статистического влияния на выживаемость облученных эмбрионов. <u>Карп.</u> Отсутствует статистическое влияние на уровень хромосомных aberrаций на эпителии роговицы глаза по сравнению с контролем. <u>Толстолобик.</u> Умеренное увеличение числа половых клеток с аномалиями (25%) по сравнению с контролем (0,25%).

Организмы	Поглощенная доза (мкГр/ч)	<u>Радиобиологические эффекты</u>
Амфибии	0-50	Нет данных по радиобиологическим эффектам.
Рептилии	0-50	Нет данных по радиобиологическим эффектам.
Птицы	0-50	<u>Ласточка</u> . Нет статистически значимого влияния на размножение, размером кладки, вылупления птенцов.
Млекопитающие	0-50	<u>Выдра</u> . Незначительное снижение массы тела (снижение на 10%). Нет статистически значимого влияния на густоту волос. Умеренное снижение плотности популяции выдры (сокращение на 33%).

Радиоэкологические исследования с использованием программы Erica tool 1.2 показали, что фактор риска для живых организмов не значителен, брюхоногие моллюски и водоросли способны накапливать больше урана, чем другие организмы. Согласно базы данных возможных радиобиологических эффектов программы Erica tool 1,2 у водорослей в пределах поглощённых доз (0-50 мкГр/ч) возможен стимулирующий рост, у других водных организмов отсутствует статистически значимое влияние радиации на основные жизненные показатели.

Ранее проведенные радиоэкологические исследования отдельных видов рыб озера Иссык-Куль показали, что содержание естественных радионуклидов (^{226}Ra , ^{228}Th и ^{212}Pb) в мышечных и костных тканях варьирует в пределах естественного уровня. Радионуклиды больше накапливаются в костной ткани рыб, по сравнению с мышечной [37].

Заключение по главе 3

Река Каракол берет начало из Каракольского ледника с северного склона Терской Ата-Тоо на абсолютной высоте 5200 метров и впадает в озеро Иссык-Куль. Город Каракол расположен в среднем ее течении.

Результаты проведенных исследований показали, что по химическому составу вода реки Каракол слабо минерализована, гидрокарбонатно-сульфатного типа, с преобладанием кальция. В период минимального весеннего стока общая минерализация воды реки Каракол выше, чем в период максимального летнего стока. Минерализация воды увеличивается от верхних участков реки к устью. Содержание микроэлементов в воде варьирует в пределах естественных уровней. Микроэлементный состав воды реки Каракол в период межени заметно отличается от периода половодья, в период половодья установлено уменьшение содержания Mn, Cu, Pb, Sr. Превышение ПДК в воде для микроэлементов по хозяйственно питьевому и культурно-бытовому пользованию не установлено. В илисто-глинистых фракциях донных осадков реки Каракол содержание Co, Cu, Pb, Sr не значительно выше кларковых значений данных микроэлементов.

Альфа и бета-активность воды реки Каракол не превышает установленных норм СанПиН. Удельная активность U, ^{232}Th , ^{40}K в донных отложениях выше в устьевой зоне по сравнению с другими участками реки.

Верхняя зона бассейна реки Каракол относится к территории Государственного природного парка «Каракол» (ГПП «Каракол»), протяженность реки в пределах границ парка составляет 19 км. На территории ГПП «Каракол» были заложены контрольные участки с горными светло- и темно-каштановыми почвами. Содержание микроэлементов (Cu, Co, Mo, Zn, Pb, Ni) в почвах варьируют в пределах фоновых значений.

Для полной характеристики почв района исследований был заложен почвенный разрез до почвообразующей породы (0-130 см). Результаты исследований показали, что содержания Pb, Zn, Ba, Ni, Co, Cr, Mo сильно

варьируют в почвенных горизонтах разреза. Происходит выщелачивание с поверхностного горизонта (0-10 см) никеля, кобальта, меди. Увеличение концентрации цинка, свинца к низу обусловлено, по-видимому, приближением к коренным породам, имеющим относительно высокий фон. Данные микроэлементы в верхнем горизонте почвы, а также в растениях не накапливаются, что свидетельствует об их выщелачивании из верхних горизонтов почвы. Установлено, что зола хвои, листья древесных растений накапливает больше микроэлементов, чем в укусы травянистых растений.

Почвенный покров г. Каракол представлен горно-долинными светло-каштановыми, горно-долинными каштановыми почвами. Содержание микроэлементов в почвах г. Каракол варьируют в пределах местного фонового уровня: Ag, Sn, Mo, W, Ni, Mn, Ti, V, Cr, Ga, Ge, Bi, Sr, Co, Ba, Li, в центральной части города и в зонах с интенсивным движением автотранспорта с установлены повышенные концентрации: Pb, Cu, Zn. С использованием геоинформационной системы Golden Software Surfer 11 составлены карты-схемы распределения данных микроэлементов в почвах г. Каракол.

Рассчитаны показатели абсолютного (ПАН) и относительного накопления (ПОН). Наибольшие показатели ПАН и ПОН установлены для цинка и свинца. При данном уровне загрязнения почв тяжелыми металлами, наиболее сильное влияние на живые организмы могут оказать свинец и цинк.

Для хвойных и лиственных деревьев, произрастающих в условиях интенсивного движения транспорта, выявлено накопление в хвое и листьях свинца и цинка. Результаты биоиндикационных исследований с использованием хвоинок сосны обыкновенной показали увеличение количества хвоинок с пятнами и усыханием, что свидетельствует об техногенных источниках поступления микроэлементов в окружающую среду. Установлена достоверная корреляционная зависимость между содержанием свинца в хвоинках сосны обыкновенной и количеством хвоинок с признаками усыхания ($r=0,95$, $t=4,3$; $p<0,05$).

В настоящее время город Каракол сталкивается с экологическими проблемами утилизации твердых бытовых отходов. Полигон представляет собой карьер площадью 4 га, не имеющий противодиффузионные экраны, уловителей и обработки фильтрата. Содержание в почвах микроэлементов (Ag, Bi, Sn, Mo, W, Ni, Mn, Ti, V, Cr, Ga, Ge, Li, Sr, Co) варьируют в пределах фоновых уровней, превышение ПДК в почве установлено по Zn в 2,2-4,4 раз, Pb в 1,5-2,2 раз, As в 3-5 раз.

Важной экологической проблемой города является очистка коммунальных и бытовых сточных вод. Очистительное сооружение сточных вод г. Каракол, проектной мощностью - 22000 м³, день были построены в 70-х годах XX-века с использованием технологии продолженной аэрации. В настоящее время очистное сооружение пришло в обветшалое состояние, плохо очищенная сточная вода является потенциальным источником загрязнения окружающей среды. Результаты исследований показали, что на выходе очистных сооружений в сточных водах повышено содержание азота аммонийного.

После прохождения всех стадий очистки сточная вода идет на полив сельскохозяйственных полей площадью 620 га. Почвы горно-долинные светло-каштановые, со среднесуглинистым механическим составом. Содержание микроэлементов (Co, Ti, V, Mo, Zr, Pb, Zn, Sr, Ba, Ni, Cr, Cu) в почве может меняться в пределах местного фонового уровня. Превышение ПДК по мониторингу земель сельскохозяйственного назначения не установлено. Содержание фосфора в 3,75 раз выше кларкового значения ($t=62,2$; $p<0,05$).

Мощность радиационного фона по гамма-излучению на территории г. Каракол варьирует в пределах 16 - 30 мкР/ч, что не превышает установленной нормы в республике (30 мкР/ч). Безопасным считается уровень радиации до величины, приблизительно 50 микрорентген в час. Следует отметить, что Иссык-Кульская котловина является естественной урановой биогеохимической провинцией, в связи с этим уровень естественной радиации

в данном регионе повышен по сравнению с другими районами биосферы. Радиоэкологические исследования показали, что удельная активность радионуклидов (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs) в почвах жилых районов города Каракол находится в пределах естественного уровня характерного для Иссык-Кульской области.

В радиоэкологическом мониторинге окружающей среды в настоящее время широко используются компьютерные программы. Для оценки радиационной опасности наземных и водных экосистем используется Программа Erica tool 1.2. Это программное обеспечение, которая на основе численных значений содержания радиоактивных элементов в почве или в воде, производит расчеты доз облучения, оценку радиационных рисков.

Результаты компьютерной обработки данных программой Erica tool 1.2 показали, что фактор радиационного риска и дозы облучения для живых организмов на территории бассейна реки Каракол не значительны.

ВЫВОДЫ

1. По химическому составу вода реки Каракол слабо минерализована, гидрокарбонатно-сульфатного типа, с преобладанием кальция. Превышение ПДК в речной воде для микроэлементов и радионуклидов по хозяйственно питьевому и культурно-бытовому пользованию не установлено. В илисто-глинистых фракциях донных осадков реки Каракол установлено накопление по Cu в 2,5 раз, Pb в 2 раз, U в 2 раз относительно кларковых значений.
2. В почвах центральной части города Каракол с интенсивным движением автотранспорта установлено превышение ПДК по Zn в 1,1-6,5 раз, Pb в 1,2-2,5 раз. Хвойные и лиственные деревья накапливают Zn (КБП 4,5-11) и Pb (КБП 0,16-1,5). Установлена достоверная корреляционная зависимость между содержанием свинца в хвоинках сосны обыкновенной и количеством хвоинок с признаками усыхания ($r=0,95$, $t=4,3$; $p<0,05$).
3. Полигон твердых бытовых отходов города Каракол содержит 80-85% твердых и до 15% пищевых отходов. В поверхностном слое почв полигона установлено превышение ПДК по Zn в 2,2-4,4 раз, Pb в 1,5-2,2 раз, As в 3-5 раз.
4. Очистительные сооружения города Каракол находятся в водоохраной зоне реки Каракол. В сточных водах установлено превышение ПДК по азоту аммонийному в 2,2 раз, в донных осадках иловых площадок превышение кларковых значений по Mo в 2,5 раз, Cu в 2-4,5 раз, P 2,5-3,7 раз.
5. Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения радиационного фона на территории города Каракол не превышает допустимый уровень (30 мкР/ч), удельная активность радионуклидов (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs) в почвах, фактор радиационного риска и дозы облучения для живых организмов варьируют в пределах нормы.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. В целях озеленения города Каракол, необходимо высаживать больше лиственных деревьев, не менее 70% от общего количества высаживаемых растений. Основной ассортимент деревьев и кустарников, рекомендуемые для озеленения города Каракол:

- Тополь серебристый (*Populus alba*)
- Тополь пирамидальный (*Populus nigra*)
- Береза повислая (*Betula pendula*)
- Вяз мелколистный (*Ulmus pumila*)

2. Городу Каракол необходимы инвестиции в проекты по управлению твердыми бытовыми отходами, в рамках которых необходимо построение на территории действующего полигона ТБО мусоросортировочного комплекса, поставка новой мусор вывозящей техники, контейнеров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдуллаев, М.А. Миграция искусственных и естественных радионуклидов в системе почва-растение [Текст] / М.А. Абдуллаев, Дж.А. Алиев. – Баку: Элм, 1998. – 240 с.
2. Айтматов, И.Т. Геоэкологические проблемы в горнопромышленном комплексе Кыргызстана [Текст] / И.Т. Айтматов, И.А. Торгоев, Ю.Г. Алешин // Наука и новые технологии. - 1997. -№3. - С. 129-137.
3. Алексахин, Р. М. Ядерная энергия и биосфера [Текст] / Р. М. Алексахин. – М.: Энергоиздат, 1982. – 215 с.
4. Алексахин, Р.М. Проблемы радиоэкологии: Эволюция идей. Итоги [Текст] / З.М.Алексахин. – М.: Россельхозакадемия, 2006. – 880 с.
5. Алексеев, Ю.В. Тяжёлые металлы в почвах и растениях [Текст] / Ю.В. Алексеев. - Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
6. Алексеенко, В.А. Основы сбора и обработки эколого-геохимической информации [Текст] / В.А. Алексеенко, Б.К. Калдыбаев, А.В. Пузанов, Н.В. Швыдкая. – Б.: 2017. – 214 с.
7. Алексеенко, В.А. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов [Текст] / В.А. Алексеенко. – Ростов н/Д: Издательство Южного федерального университета. 2013. – 388 с.
8. Алексенко, В. А. Геохимическая экология [Текст]: понятия и законы / В. А. Алексенко, М. С. Панин, Б. М. Дженбаев. – Бишкек: Илим, 2013. – 310 с.
9. Асанбеков, И. А. Почвы северо-восточной части Иссык-Кульской котловины [Текст]: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / И. А. Асанбеков. – Фрунзе, 1971. – 20 с.
10. Атлас Кыргызской Республики [Текст]. – М.: Гл. упр. геодезии и картографии при Совмине СССР, 1987. – Т.1: Природные условия и ресурсы. – 157 с.

11. Ахундова, А.Б. Тяжелые металлы в почвах зоны техногенных выбросов промышленного объекта [Текст] / А.Б. Ахундова // Тез. докл. VIII Всесоюзн. съезда почвоведов. – Новосибирск, 1989. – С. 159.
12. Балыкин, С.Н. Микроэлементы и радионуклиды в почвах и растениях лесного пояса горного Алтая [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / С.Н. Балыкин. - Барнаул, 2007. – 18 с.
13. Бегимбетова, Г.А. Оценка экологического состояния антропогенно нарушенных почв Прикаспийского региона [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / Г.А. Бегимбетова. – Бишкек, 2010. – 18 с.
14. Беус А.А. Геохимия окружающей среды [Текст] / А.А. Беус, Л.И. Грабовская, Л.В. Тихонова – М., «Недра», 1976. – 248 с.
15. Быковченко, Ю.Г. Техногенное загрязнение ураном биосферы Кыргызстана [Текст] / Ю.Г.Быковченко, Э.И.Быкова, Т.Б.Белеков. – Б., 2005. – 169 с.
16. Вернадский, В.И. Избранные сочинения [Текст] / В.И.Вернадский. – М.: АН СССР, 1954-1960. – Т.5. – С.123-168.
17. Вернадский, В.И. Очерки по геохимии [Текст] / В.И.Вернадский. – Л.: Горнонефтеиздат, 1934, - 217 с.
18. Вернадский, В.И. Проблемы биогеохимии [Текст] / В.И.Вернадский // Тр. Биогеохимической лаб. АН СССР, - М.: Наука, 1980. Т.16. - С. 9-54.
19. Вернадский, В.И. Химический состав живого вещества в связи с химией земной коры [Текст] / В.И.Вернадский. – Пг.: Время, 1922. – С. 9-10.
20. Виноградов, А. П. Биогеохимические провинции [Текст] / А. П. Виноградов // Тр. Юбил. сессии, посвящ. 100-летию со дня рождения В. В. Докучаева. – М., 1949. – С. 59-68.
21. Виноградов, А. П. Биогеохимические провинции и эндемии [Текст] / А. П. Виноградов // Докл. АН СССР. – 1938. – Т.18, № 4/5. – С. 283-286.
22. Виноградов, А. П. Избранные труды [Текст] / А. П. Виноградов. – М.: Наука, 1988. – 412 с.

23. Виноградов, А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах [Текст] / А.П. Виноградов. - М.: АН СССР, 1957. – 239 с.
24. Войцехович, О.В. Проблемы выбора критериев для обоснования деятельности в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС [Текст] / О.В.Войцехович // Тр. УкрНИГМИ. – 1988. – Вып.246. – С.95-104.
25. Воротницкая, И.Е. Биогенная миграция урана в озере Иссык-Куль [Текст]: автореф. дисс. ... канд. биол. наук / И.Е.Воротницкая. – М.: МГУ, 1988. – 17 с.
26. Выходцев, И. В. Вертикальная поясность растительности в Киргизии (Тянь-Шань и Алай) [Текст] / И. В. Выходцев. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 82 с.
27. Гедгафова, Ф.В. Тяжелые металлы в природных и техногенных экосистемах центрального Кавказа [Текст] / Ф. В. Гедгафова, Т. С. Улигова // Экология. – 2007. - №4. - С. 317-320.
28. Геоботанические исследования в Киргизии [Текст] / под ред. И. В. Выходцева. – Фрунзе: Илим, 1966. – 116 с.
29. Геология СССР Киргизская ССР. Полезные ископаемые [Текст] / Д. Н. Елютин, В. Д. Рязанцева, В. И. Кнауф [и др.]; ред. К. Д. Помазков. - М.: Недра, 1985. – Т.25. – 251 с.
30. Гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» Утверждены постановлением Правительства Кыргызской Республики от 11 апреля 2016года №201.
31. Гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации и ориентировочно допустимые количества химических веществ в почве». (Утверждены Постановлением Правительства КР от 11 апреля 2016 года № 201).
32. Глазовская, М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР [Текст] / М. А. Глазовская. – М.: Высш. шк., 1988. – 328 с.

33. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – М.: «Изд-во стандартов», 1985. – 14 с.

34. ГОСТ Р 51592 – 2000 «Вода. Общие требования к отбору проб». – М.: Госстандарт России. 2001. – 36 с.

35. Дженбаев, Б.М. Биогеохимия природных и техногенных экосистем Кыргызстана [Текст] / Б.М. Дженбаев, А.М. Мурсалиев. –Б.: Илим, 2012. – 404 с.

36. Дженбаев, Б.М. Радиобиогеохимическая оценка современного состояния биосферной территории Иссык-Куль [Текст] / Б.М. Дженбаев, Б.К. Жолболдиев, Б.К. Калдыбаев // Мат. межд. конф. “Современные проблемы геоэкологии и сохранения биоразнообразия”. – Б., 2009. – С.77–81.

37. Дженбаев, Б.М. Современное состояние Иссык-Кульской урановой радиобиогеохимической провинции [Текст] / Б.М. Дженбаев, Б.Т. Жолболдиев, Б.К. Калдыбаев // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2013. – Т.53, № 4. – С.432-440.

38. Дженбаев, Б.М. Геохимическая экология наземно-водных организмов [Текст] / Б.М. Дженбаев. – Бишкек: Олимп, 1999. - 176 с.

39. Дженбаев, Б.М. Геохимическая экология наземных организмов [Текст] / Б.М. Дженбаев. – Бишкек: Maxprint, 2009. – 242 с.

40. Дженбаев, Б.М. Методические указания (отбор проб и пробоподготовка для определения тяжелых металлов в объектах окружающей среды) [Текст] / Б.М. Дженбаев., Б.К. Калдыбаев – Бишкек: Илим, 2014. – 35с.

41. Дженбаев, Б.М. Радиоэкологические исследования прибрежной зоны биосферной территории Иссык-Куль. [Текст] / Б.М.Дженбаев, Б.Т. Жолболдиев, Б. Т. Калдыбаев и др. // Доклады НАН КР. – 2015. - №2. – С.55-63.

42. Дженбаев, Б.М. Тяжелые металлы в организме некоторых животных г. Бишкек и его окрестностей [Текст] / Б.М. Дженбаев, Б.К. Кадырова // Вестник КГНУ, 1999. - № 2. - С. 34-38.

43. Добровольский, В. В. Основы биогеохимии [Текст] / В. В. Добровольский. – М.: Высш. шк., 1998. – 413 с.
44. Добровольский, В.В. Биогеохимия рассеянных металлов [Текст] / В.В. Добровольский // Почвоведение. – 1995. – Т.10, № 2. - С.252-255.
45. Добровольский, В.В. География микроэлементов, глобальное рассеяние [Текст] / В.В. Добровольский. – М.: Мысль, 1983. – 272 с.
46. Добровольский, В.В. Содержание растворимых форм химических элементов в речных водах и интенсивность их вовлечения в водную миграцию [Текст] / В.В. Добровольский. – М.: «МГУ», 1998. – 86 с.
47. Дрожжина, А.Ф. Содержание селена в кормах Чуйской долины [Текст] / А.Ф. Дрожжина // Микроэлементы в животноводстве и растениеводстве. - Фрунзе: Илим, 1986, - Вып.21. - С. 55-58.
48. Евсеева Л.С., Перельман А.И. Геохимия урана в зоне гипергенеза [Текст] / Л.С. Евсеева, А.И. Перельман. – М.: Госатомиздат., 1962. – 238 с.
49. Ермаков, В. В. Биогеохимические провинции: концепция, классификация и экологическая оценка [Текст] / В. В. Ермаков // Основные направления геохимии. – М., 1995. – С. 183-196.
50. Жалилова, А.А. Биогеохимия свинца в центральной части бассейна р.Чу (Кыргызстан) [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / А.А. Жалилова. - Бишкек, 2008. – 25 с.
51. Жолболдиев, Б.Т. Радиоэкологическая оценка загрязнения территории бывшего уранового производства Каджи-Сай [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Б.Т. Жолболдиев. – Бишкек, 2016. – 24 с.
52. Жолтаева, С.И. Эколого-генетическая оценка состояния природной среды в зоне добычи и обогащения хромитовой руды [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / С.И. Жолтаева. - Алматы, 2000. - 24 с.
53. Закон КР от 29 ноября 2011 года № 224 Технический регламент «О радиационной безопасности».
54. Захарьев, Н.И. Применение микроэлементов при нагуле и откорме ягнят [Текст] / Н.И. Захарьев, В.С. Перельгина, У. Исмаилова //

Микроэлементы в животноводстве и растениеводстве, вып. 1 – Фрунзе : Изд-во АН Киргиз. ССР, 1962. – С. 31-39.

55. Звонарев, В.А. Закономерности распределения ртути в почвах вблизи источника загрязнения [Текст] / В.А. Звонарев, Н.Г. Зырин // Почвоведение. - 1981. - №4. – С. 32-39.

56. Зырин, Н.Г. Химия тяжёлых металлов, мышьяка и молибдена в почвах [Текст] / Н.Г. Зырин. – М.: МГУ, 1985. – 204 с.

57. Ибраева К.Б. Микроэлементы в почвенно-растительном покрове г. Каракол [Текст] / К.Б. Ибраева, Б.К. Калдыбаев // Вестник КНУ им. Ж. Баласагына. – 2014. – Спец. выпуск. – С. 241-247.

58. Ибраева К.Б. Радиоэкологическая оценка бассейна реки Каракол [Текст] / К.Б. Ибраева, А.С. Нурбекова, Б.К. Калдыбаев // В сб.: Экспертное мнение Межд. Конф.: в 2 частях. – Пенза. - 2017. - С. 246-249.

59. Ибраева К.Б. Радиоэкологические исследования бассейна реки Каракол Иссык-Кульской области [Текст] / К.Б. Ибраева, А.С. Нурбекова, Б.К. Калдыбаев // Проблемы региональной экологии. - 2018. - №4. - С.41-45.

60. Ибраева К.Б. Радиоэкологические исследования реки Каракол Иссык-Кульской области [Текст] / К.Б. Ибраева, А.С. Нурбекова, Б.К. Калдыбаев // Сб. докладов II Межд. (XV Региональной) научной конференции «Техногенные системы и экологический риск ». - Обнинск. - 2018. - С. 128-130.

61. Ибраева К.Б. Тяжелые металлы в урбоэкосистемах Прииссыккуля [Текст] / К.Б. Ибраева, Б.К. Калдыбаев // В мат. межд. конф.: «Эколого-экономическая эффективность природопользования». Часть 1 (Ч. 1) – Омск, 2014. - С. 241-247. (Омск: из-во Омского гос. пед. ун-та, 2014 Омск: Наука, 2014)

62. Ибраева К.Б. Экологические проблемы города Каракол [Текст] / К.Б. Ибраева, Б.К. Калдыбаев // Наука вчера, сегодня, завтра. - 2017. - № 3 (37). - С. 6-10.

63. Ибраева К.Б. Эколого-биогеохимическая оценка почвенно-растительного покрова г. Каракол [Текст] / К.Б. Ибраева, Б.К. Калдыбаев // Сб. трудов конф. Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах. - Тюмень. - 2016. - С.222-229.

64. Ибраева К.Б. Эколого-биогеохимические исследования нижней зоны бассейна реки Каракол [Текст] / К.Б. Ибраева, Г. Жапарова, Б.К. Калдыбаев // Известия ВУЗов Кыргызстана. - 2018. - №5. - С.36-40.

65. Ибраева К.Б. Эколого-гидрохимические исследования воды реки Каракол [Текст] / К.Б. Ибраева, Б.К. Калдыбаев // Исследования живой природы Кыргызстана. – 2015. - №1. - С. 44-48.

66. Ибраева К.Б. Эколого-гидрохимические исследования нижней зоны бассейна реки Каракол [Текст] / К.Б. Ибраева, Б.К. Калдыбаев // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. - 2018. - №5. - С.24-30.

67. Ибраева К.Б. Эколого-радиобиогеохимическая оценка почвенного покрова Прииссыккуля [Текст] / К.Б. Ибраева, Б.К. Калдыбаев // Вестник ИГУ. - 2013. - №36. - С.60-62.

68. Ильин, В.Б. Тяжёлые металлы в системе почва-растение [Текст] / В.Б. Ильин. - Новосибирск: Наука, 1991. – 151 с.

69. Инструкция по измерению гамма-фона в городах и населённых пунктах (пешеходным методом). - М., Министерство здравоохранения СССР, 1985. – 5 с.

70. Иссык-Куль-Нарын [Текст]: энцикл. / гл. ред. М. Борбугулов. – Фрунзе: Гл. ред. КСЭ, 1991. – 512 с.

71. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях [Текст] /А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. - М.: Мир, 1989. – 439 с.

72. Кадыров, В.К. Гидрохимия озера Иссык-Куль и его бассейна [Текст] / В.К.Кадыров. – Ф.: Илим, 1986. – 212 с.

73. Кадырова, Г.Б. Эколого-биогеохимическая оценка природно-техногенных экосистем бассейна реки Джергалан [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Г.Б. Кадырова. – Ош, 2017. – 25 с.

74. Калдыбаев, Б. К. Эколого-биогеохимическая оценка современного состояния природно-техногенных экосистем Прииссыккуля [Текст] / Б. К. Калдыбаев. – Бишкек: Олимп, 2012. – 246 с.

75. Калдыбаев, Б. К. Эколого-биогеохимическая оценка современного состояния природно-техногенных экосистем Прииссыккуля [Текст]: дис. ... д-ра биол. наук / Б. К. Калдыбаев. – Бишкек, 2012. – 332 с.

76. Кармышева, У.Ж. Эколого-биогеохимическая оценка растительно-почвенного покрова природно-техногенной урановой провинции Майлуу-Суу [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / У.Ж. Кармышева. – Бишкек, 2018. – 25 с.

77. Карпачев, Б.М. Радиационно-экологические исследования в Кыргызстане [Текст] / Б.М.Карпачев, С.В.Менг. – Б., 2000. – 56 с.

78. Касиев, К. С. Растительный покров биосферной территории Иссык-Куль и его изменение под влиянием антропогенных факторов [Текст] / К. С. Касиев. – Бишкек: Олимп, 2005. – 237 с.

79. Климатические условия Кыргызстана [Текст] / [О. А. Подрезов, М. А. Джаксыбаев, В. А. Мезгин и др.]. – Бишкек: Илим, 1992. – 172 с.

80. Ковалевский, А.Л. Основные закономерности формирования химического состава растений [Текст] / А.Л. Ковалевский // Биогеохимия растений. - 1966. - №1. - С.6-28.

81. Ковальский, В.В. Геохимическая экология [Текст]: Очерк / В.В. Ковальский. – М.: Наука, 1974. – 300 с.

82. Ковальский, В.В. Урановые биогеохимические пищевые цепи в условиях Иссык-Кульской котловины [Текст] / В.В. Ковальский, И.Е. Воротницкая, В.С. Лекарев и др. // Тр. Биогеохим. лаб. –М.: Наука, 1968. – Т.ХІІ. – С.25-53.

83. Ковда, В. А. Биогеохимические циклы в природе и их нарушение человеком [Текст] / В. А. Ковда. – М.: Наука, 1976. – 123 с.

84. Ковда, В.А. Биогеохимия почвенного покрова [Текст] / В.А.Ковда. – М.: Наука, 1985. – 265 с.

85. Кузин, А.М. Природный радиоактивный фон и его значение для биосферы Земли [Текст] / А.М. Кузин. – М.: Наука, 1991. – 117 с.

86. Малюга, Д. П. Биогеохимический метод поисков рудных месторождений [Текст] / Д. П. Малюга. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 253 с.

87. Малюга, Д.П. К вопросу о содержании кобальта, никеля и меди в почвах [Текст] / Д.П. Малюга // Докл. АН СССР. – 1944. – Т.43, №5. – С.216-222.

88. Маматканов, Д.М. Водный баланс озера Иссык-Куль на современном этапе (2001-2003 гг.) [Текст] / Д.М. Маматканов, Л.В. Бажанова // Изучение гидродинамики озера Иссык-Куль с использованием изотопных методов. – Б., 2005. – Ч.1. – С.8-17.

89. Мамытов, А. М. Микроэлементы в почвах земледельческой территории Киргизии и применение их в сельском хозяйстве [Текст] / А. М. Мамытов, И. В. Опенлендер // Изв. АН КиргССР. – 1969. – № 2. – С. 36-41.

90. Мамытов, А.М. Почвенные ресурсы и вопросы земельного кадастра Кыргызской Республики [Текст] / А.М.Мамытов. – Б.: Кыргызстан, 1996. – 240 с.

91. Мамытов, А.М. Почвы Иссык-Кульской котловины и прилегающей к ней территории [Текст] / А.М.Мамытов, Г.А.Мамытова. – Ф.: Илим, 1988. – 191 с.

92. Методические указания по мониторингу земель сельскохозяйственного назначения Кыргызской Республики (Утверждены приказом Государственного агентства по регистрации прав на недвижимое имущество при Правительстве Кыргызской Республики от 5 октября 2004 года № 148).

93. Методы биоиндикации: учебно-методическое пособие [Текст] / М.Н. Мукминов, Э.А. Шуравлев. – Казань: Казанский университет, 2011. – 48 с.

94. Мурсалиев, А. М. Биогеохимическая инвентаризация флоры Киргизской ССР [Текст] / А. М. Мурсалиев, И. Г. Судницына, Н. В. Горбунова. – Фрунзе: Илим, 1976. – 141 с.

95. Мурсалиев, А. М. Развитие биогеохимических исследований в Кыргызстане и их перспектива [Текст] / А. М. Мурсалиев, Б. М. Дженбаев // Сб.

материалы II Междунар. конф. "Современные проблемы геоэкологии и сохранения биоразнообразия. – Бишкек, 2007. – С. 23-27.

96. Мурсалиев, А.М. Микроэлементы в сложноцветных Киргизии [Текст] / А.М. Мурсалиев. – Фрунзе: Илим, 1977. – 97 с.

97. Мурсалиев, А.М. Семейство сложноцветных в Киргизии (микроэлементный состав и геохимическая экология) [Текст]: автореф. дис. ... д-ра. биол. наук : 03.00.05 / А.М. Мурсалиев. – Новосибирск, 1990. – 32 с.

98. Мынбаева, Б.Н. Биодиагностика загрязнения городских почв тяжелыми металлами [Текст] / Б.Н. Мынбаева. – Алматы: КазНПУ им. Абая, 2010. – 112 с.

99. Ниязова, Г.А. Роль микроорганизмов почвы и корневой зоны растений в биогенной миграции цинка и свинца в разных геохимических условиях [Текст] / Г.А. Ниязова, С.А. Летунова. - Фрунзе: Илим, 1991. - 112 с.

100. Опытная научно-исследовательская станция ПО "Маяк". Рефераты научных работ (Библиотека журнала "Вопросы радиационной безопасности") [Текст] / Из архивов ПО "Маяк". – 2003. – № 3. – 88 с.

101. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99). СП 2.6.1.799-99.

102. Оторбаев, К.О. Природа Киргизии [Текст] / К.О.Оторбаев. – Ф., 1962. – 134 с.

103. Перельман, А. И. Геохимия [Текст] / А. И. Перельман. – М.: Высш. шк., 1989. – 528 с.

104. Портнягина, В.И. Использование биологического разнообразия герпетофауны Киргизии в экологическом прогнозировании [Текст] / В.И. Портнягина, С.К. Касиев // Проблемы изучения и сохранения биологического разнообразия. - М, 1990 - С. 105-109.

105. Порядок отбора проб для выявления и идентификации наноматериалов в растениях: МУ 1.2. 27.42-10 [Текст]: метод. указания. – М.: [б.и.], 2010. – 50 с.

106. Правила охраны поверхностных вод Кыргызской Республики (Утверждены постановлением Правительства Кыргызской Республики от 14 марта 2016 года № 128).
107. Ранцман, Е.Я. Геоморфология Иссык-Кульской котловины и ее горного обрамления [Текст] / Е.Я. Ранцман. – М.: Наука, 1959. – 88 с.
108. Саэт, Ю. Е. Геохимия окружающей среды [Текст] / Ю. Е. Саэт, Б. А. Ревич, Е. П. Янин. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
109. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.4.002-03 (утверждены постановлением Правительства КР от 20 февраля 2004 года №9) "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества".
110. Сариева, Н.А. Эколого-биогеохимическая оценка золоторудного месторождения Джеруй [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Н.А. Сариева. – Бишкек, 2013. – 25 с.
111. Силкин К.Ю. Геоинформационная система Golden Software Surfer 8 [Текст] / К.Ю. Силкин. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского гос. университета, 2008. – 66 с.
112. Смирнов, С. Н. Радиационная экология [Текст]: учеб. пособие / С. Н. Смирнов. – М.: Экология, 2000. – 118 с.
113. Социально-экономическое развитие Иссык-Кульской области 2012-2016. [Текст]: Годовая публикация. Иссык-Кульское областное управление государственной статистики. Каракол 2017. - 132 с.
114. Техногенное загрязнение почв Домбаса выбросами предприятий чёрной и цветной металлургии [Текст] / Кривоносова Г.М., Джалиль В.А., Головина А.П., и др. // Тез. докл. Межд. конф. по агроэкологической обстановке на сельскохозяйственных угодьях УССР и путях снижения загрязнения токсичными веществами. – Черкасы, 1989. – С.38-39.
115. Ткалич, С. М. Практическое руководство по биогеохимическому методу поисков рудных месторождений [Текст] / С. М. Ткалич. – М.: Госгеолтехиздат, 1959. – 52 с.

116. Токтоева Т.Э. Эколого-радиобиогeoхимическая оценка почвенно-растительного комплекса агроэкoсистем Прииссыккулья [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Т.Э. Токтоева. – Бишкек, 2018. – 25 с.
117. Тыныбеков А.К. Факторы экологических рисков в моделировании территориального развития Иссык-Кульского региона [Текст] / А.К. Тыныбеков, А. Азаматов // Вестник Международного университета Ала-Тоо. - 2017. - т.17. - №2. - С.469-478.
118. Тяжелые естественные радионуклиды в биосфере: Миграция и биологическое действие на популяции, и биогеоценозы [Текст] / [Р. М. Алексахин, Н. П. Архипов, Г. В. Бархударов и др.]. – М.: Наука, 1990. – 350 с.
119. Цемко, В. Процессы рассеяния микроэлементов в почвах // Микроэлементы в окружающей среде [Текст] / В.П. Цемко, И.К. Паламарчук, Г.М. Залуцкая. – Киев, 1980. - С.31-34.
120. Чуканов, В.Н., Баженов А.В., Вараксин А.Н. и др. Восточно-Уральский радиоактивный след (Свердловская область) [Текст] / В.Н.Чуканов, А.В.Баженов, А.Н.Вараксин, под ред. В.Н. Чуканова. - Екатеринбург: УрО РАН, 1996. – 167 с.
121. Шамшиев, А.Б. Эколого-биогeoхимическая особенность селена в Прииссыккулье [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / А.Б. Шамшиев. – Бишкек, 2007. – 25 с.
122. Adriano, E.D. Biogeochemistry of trace metals [Text] / E.D. Adriano.- London, Tokyo: Lewis Publishers, Boca Raton, Ann Arbor. 1992. – 513 p.
123. Bergkvist, B. Fluxes of Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, and Ni in temperate forest ecosystems: a literature review [Text] / B. Bergkvist, L. Folkeson, D. Berggren //Water, air and soil pollution. – 1989. – Vol. 47. – P. 217-286.
124. Chen, C.-M. Ecological risk assessment on a cadmium contaminated soil landfill – a preliminary evaluation based on toxicity tests on local species and site-specific information [Text] / C.-M. Chen, M.-C. Liu // Sci. Total Environ. – 2006. – Vol. 359. – N 1/3. – P. 120-129.

125. Davidson, E. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedback to climate change [Text] / E. Davidson, I. Janssens // Nature. – 2006. – N 9. – P. 165-173.

126. Distribution and effects of trace substances in soils, plants and animals [Text] / B. Markert, G. Kayser, S. Korhammer, et al // Trace Elements – Their Distribution and Effects in the Environment. – Germany, 2000. - P.3-33.

127. Djenbaev, B.M. Radiating assessment in biosphere territories of the Issik-Kul [Text] / B.M. Djenbaev, A.A. Jalilova et al // 4th CCMS/NATO Workshop on Management of Industrial Toxic Wastes and Substances Research. Advanced monitoring techniques of hazardous wastes.- Ionnina, 26-27 August. – 2006. – P. 11-18.

128. Djenbaev, B.M. The biogeochemistry of uranium in natural-technogenic provinces of Issik-Kul [Text] /B.M. Djenbaev, A.B. Shamshiev, B.T. Jolboldiev et al //Uranium, Mining and Hydrogeology. – 2008. – P.673-681.

129. Djenbaev, B.M. Radiobiogeochemical Assessment of the Soil Near the Issyk-Kul Region [Text] / B. Djenbaev, B. Kaldybaev, T. Toktoeva, A. Kenjebaeva // Journal of Geological Resource and Engineering. - 2016. -Volume 4. – N 1. - P.39-44.

130. Environment and health [Text] / EEA (European Environment Agency. – Copenhagen, 2010. – Report N 10. – 210 p.

131. Ermakov, V.V. The concept of biogeochemical provinces in modern ecology-geochemical studies of the environment [Text] / V.V. Ermakov, E.M. Korobova // Agriculture and Environment in Eastern Europe and the Netherlands: Proceedings. - Wageningen:Wageningen Agr. University, 1992. - P.317-330.

132. Heavy metal contamination of roadside soils of Northern England [Text] / K. F. Arbar, W. Hale, A. Headley [et al.] // Soil & Water Res. – 2006. – N 1. – P. 158-163.

133. Impact of Uranium Mining and Processing of the Environment of Mountainous areas of Kyrgyzstan [Text] // Proc. of the Intern. Confer. Uranium Mining and Hydrogeology III. Springer, 2002. –P. 93-98.

134. Kabata-Pendias, A. Trace Elements in the Biological Environment [Text] / A. Kabata-Pendias, H. Pendias - Warsaw: Wyd.Geol, 1979. - 300 p.
135. Kabata-Pendias, A. Trace elements in soils and plants [Text] / A. Kabata-Pendias, H. Pendias. - Boca Raton (Fla): CRC press, 1984. - 336 p.
136. Oborn, I. Solubility and potential mobility of heavy metals in two contaminated urban soils from Stockholm, Sweden [Text] / I. Oborn, M. Linde // Water, Air, & Soil Pollution. – 2001. – P. 255-265.
137. Patoc, I. Occurrence of heavy metals, toxic elements in the soils in Hungary [Text] / I. Patoc // New Results Res. Hardly Know Trace Elem. And their Importance Int. Geosphere – Biosphere program: Proc. 4-th Int. Symp. – Budapest, 1990. – P. 13-30.
138. Processing an ecological information according to air pollution of heavy metals in Almaty city by mathematical methods [Text] / B. N. Mynbayeva [et al.] // Matt. Int. sci. conf. «Scien Modernity», Eindhoven, 08-15 Nov. 2010, Eindhoven. – Eindhoven: Cranendonsk, 2010. – N 5/6. – P. 23-28.
139. Thuy, H. Distribution of heavy metals in urban soils – a case study of Danang-Hoian Area [Text] / H. Thuy // Environ. Geol. – 2000. – N6. – P. 603-610.
140. Torgoyev, I.A. Alioshin. Environmental Risk Management of Uranium Tailing Ponds In Mailuu-Suu, Kyrgyzstan [Text] / I.A.Torgoyev, G.Schmidt, G.Yu // Proc. Intern. Conf. “Uranium Mining and Hydrogeology UMH-III – Freiberg, Springer Public, 2002.
141. Turer, D. Heavy metal contamination in soils of urban highways: comparison between runoff and soil concentrations at Cincinnati [Text] / D. Turer, J. Maynard, J. Sansalone // Water, Air, & Soil Pollution. – 2001. – Vol. 132. – P.293-314.
142. Ursinyova, M. Cadmium in the environment of Central Europe [Text] / M. Ursinyova, V. Hladikova // Trace Elements – Their Distribution and Effects in the Environment. – Germany, 2000. - P.87-109.

143. Valerio, F. Airbone metals in urban areas [Text] / F. Valerio, C. Brescianini, S. Lastraloli // J. Environ. anal. chem. – Germany, 2000. - Vol. 35, № 2. – P. 101-110.

144. Wong, C. Urban environmental geochemistry of trace metals [Text] / C. Wong, X. Thornton // Environmental Pollution. – 2006. – Vol. 142. – P.1-16.

ПРИЛОЖЕНИЯ

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Государственного природного
парка «Каракол»

Муратбек уулу Туратбек



2019г.

А К Т

от «14» января 2019г.

*О реализации научных результатов, полученных
в диссертации Ибраевой Кымбат Бектурсуновны
на соискание ученой степени кандидата биологических наук по
специальности 03.02.08 – экология, на тему: «Эколого-биогеохимическая
оценка бассейна реки Каракол»*

Комиссия в составе:

Председатель: Муратбек уулу Т., - директор ГПП «Каракол»;

Члены: Шералиев Ж.М. – главный лесничий ГПП «Каракол»

Молдобаев М.Т. – главный бухгалтер ГПП «Каракол»

Бакешов Э.Н. – ст. научный сотрудник ГПП «Каракол»

Исмаилов К.Ч. – инженер ОЗЛ ГПП «Каракол»

Кукеев А. – главный специалист отдела науки, мониторинга и
экологического образования ДБТ «Ысык-Кёль»

Осмонбаева К. – декан ФЭН ИГУ им. К. Тыныстанова.

Свидетельствуют о том, что при разработке программ комплексного экологического мониторинга государственного природного парка «Каракол» были реализованы научные результаты кандидатской диссертации Ибраевой Кымбат Бектурсуновны:

- Содержание химических элементов в объектах окружающей среды (почва, вода, донные отложения, растения) природно-техногенных экосистем бассейна реки Каракол.
- Вариации уровня мощности экспозиционной дозы радиационного фона и удельная активность радиоактивных элементов в объектах окружающей среды (почва, вода, донные отложения).
- Особенности аккумуляции химических элементов и радионуклидов в объектах окружающей среды природно-техногенных экосистем бассейна реки Каракол.

Реализация материалов диссертации Ибраевой Кымбат Бектурсуновны позволила:

- Пополнить справочные базы данных в целях нормирования мощности экспозиционной дозы радиационного фона, содержаний химических и радиоактивных элементов в объектах окружающей природной среды;
- Повысить качество и эффективность проведения экологического мониторинга.

Материалы диссертации использованы в следующих документах, материалах и разработках:

- В справочных и электронных базах данных экологического мониторинга государственного природного парка “Каракол”.

По результатам реализации получен следующий положительный эффект:

- Обновлено справочные и электронные базы данных государственного природного парка “Каа크рол” научно-методической информацией;
- Даны рекомендации по применению территории государственного природного парка “Каракол” в качестве эталонной территории для оценки состояния окружающей среды природно-техногенных экосистем.

Председатель комиссии: Муратбек уулу Т.

Члены комиссии: Шералиев Ж.М.

Молдобаев М.Т.

Бакешов Э.Н.

Исмаилов К.Ч.

Кукеев А.

Осмонбаева К.





УТВЕРЖДАЮ

Ректор ИГУ им. К. Тыныстанова,

к.т.н., доцент Абдылдаев К.К.

2019г.

А К Т № _____ от _____ 2019 г.

*О реализации научных результатов, полученных в диссертации Ибраевой
Кымбат Бектурсуновны
на соискание ученой степени кандидата биологических наук по
специальности 03.02.08 – экология, на тему: «Эколого-биогеохимическая
оценка бассейна реки Каракол»*

Комиссия в составе:

Председатель, проректор по научной работе ИГУ им. К. Тыныстанова,
д.т.н., профессор Зиялиев К.Ж.

Члены:

Декан факультета Естественных наук и физической культуры,
к.б.н., доцент Осмонбаева К.Б.

Заведующая кафедрой естественных наук, к.с.-х.н., доцент Асанбекова Ч.А.

Заведующая кафедрой туризма и охраны окружающей среды,
к.б.н., доцент Кадырова Г.Б.

Свидетельствуют о том, что при разработке syllabus, учебно-методических комплексов, учебных пособий и научных статей были использованы научные результаты, полученные в кандидатской диссертации Ибраевой Кымбат Бектурсуновны:

- Данные литературного обзора по уровню загрязнения окружающей среды химическими и радиоактивными элементами, эколого-биогеохимическими исследованиями, проведенными в Кыргызстане;
- Описание современных методов и методик определения химических и радиоактивных элементов в объектах окружающей среды;
- Содержание химических и радиоактивных элементов в объектах окружающей среды (почва, вода, донные отложения, растения, животные) природно-техногенных экосистем бассейна реки Каракол;
- Научно-методические аспекты устойчивого развития города Каракол.

Реализация материалов диссертации Ибраевой Кымбат Бектурсуновны позволила:

- Повысить качество преподавания дисциплины: «Основы экологии» для студентов межкафультетских специальностей университета;

- Пополнить библиотечный фонд библиотеки университета современной научно-методической литературой.

Материалы диссертации использованы в следующих документах, материалах и разработках:

- В силабусах и учебно-методических комплексах по дисциплине: «Основы экологии»;
- В учебно-методических работах: Алексеенко В.А., Калдыбаев Б.К., Пузанов А.В., Швыдка Н.В. Учебное пособие: Основы сбора и обработки эколого-геохимической информации. - Каракол, 2017. - 213с.
- В научных работах:
 - Ибраева К.Б., Калдыбаев Б.К. Микроэлементы в почвенно-растительном покрове г. Каракол // Вестник Кыргызского Национального университета им. Ж. Баласагына. Специальный выпуск, 2014. – С. 241-247.
 - Ибраева К.Б., Жапарова Г., Калдыбаев Б.К. Эколого-биогеохимические исследования нижней зоны бассейна реки Каракол // Известия ВУЗов Кыргызстана, 2018, № 5, с. 36-40.
 - Ибраева К.Б., Нурбекова А.С., Калдыбаев Б.К. Радиоэкологические исследования бассейна реки Каракол Иссык-Кульской области // Проблемы региональной экологии. №4. – 2018. – С.41-45.

По результатам реализации получен следующий положительный эффект:

- Разработаны силабусы, учебно-методические комплексы, учебные пособия, научные статьи.
- Пополнен библиотечный фонд университета современной научно-методической литературой.

Председатель комиссии:



Зиялиев К.Ж.

Члены комиссии:



Осмонбаева К.Б.

Асанбекова Ч.А.




Кадырова Г.Б.