

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ

На правах рукописи
УДК: 574.42: 546.791

Жумалиев Талантбек Нургазиевич

**ЭКОЛОГИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА УРАНОВОЙ ПРИРОДНО-
ТЕХНОГЕННОЙ ПРОВИНЦИИ МИН-КУШ**

03. 02. 08 – экология

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук,
профессор, член-корреспондент НАН КР
Дженбаев Бекмамат Мурзакматович

Бишкек – 2023

**ЭКОЛОГИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА УРАНОВОЙ ПРИРОДНО-
ТЕХНОГЕННОЙ ПРОВИНЦИИ МИН-КУШ**

03.02.08 – экология

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СИМВОЛОВ, ЕДИНИЦ И ТЕРМИНОВ	00
ВВЕДЕНИЕ	00
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	
1.1. Почва - как основной объект биогеохимического цикла химических элементов	
1.2. Радиоактивные вещества в окружающей среде	
1.3. Природно-климатическая характеристика района исследований .	
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ	
2.1. Объекты эколого-биогеохимических исследований	
2.2. Методы измерения экспозиционной дозы	
2.3. Определение микроэлементов в почвах методом атомно-абсорбционного анализа	
2.4. Определение радионуклидного состава методом гамма-спектрометрии.....	
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	
3.1. Результаты измерений радиационного фона на территории урановой природно-техногенной провинции Мин-Куш	
3.2. Физико-химический анализ почвенного покрова.....	
3.3. Содержание микроэлементов (Pb, Cu, Zn и др.) в почвенном покрове	
3.4. Содержание радионуклидов (U, Th, Ra, K) в почвенном покрове.	
3.5. Эколого-биогеохимическое состояние почвенного покрова урановой природно-техногенной провинции Мин-Куш	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	
ВЫВОДЫ	

ЛИТЕРАТУРА
ПРИЛОЖЕНИЕ 1
ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СИМВОЛОВ,
ЕДИНИЦ И ТЕРМИНОВ

Бк/кг	Беккерель на килограмм
Бк/ч	Беккерель в час
Га	гектары
ДПР	дочерние продукты радионуклидов
ЕРН	естественные радионуклиды
ЕРЭ	естественные радиоактивные элементы
Зв	зиверт, единица эффективной дозы
ИИ	ионизирующее излучение
Kd	Коэффициент распределения
КБН	Коэффициент биологического накопления
Кн	Коэффициент накопления
КР	Кыргызская Республика
нЗв/ч	нанозиверт в час
НРБ	нормы радиационной безопасности
МАГАТЭ	Международное Агентство по Атомной энергетике
МДУ	максимально допустимые уровни
МД	мощность дозы
МЭД	мощность экспозиционной дозы
мг/кг	миллиграмм на килограмм
мкЗв/ч	микрозиверт в час
мЗв/год	миллизиверт в год
мкР/ч	микрорентген в час
мРад/год	миллирад в год
МЧС	Министерство чрезвычайных ситуаций
НРБ-99	Нормы радиационной безопасности – 99
ПДК	Предельно допустимая концентрация
ПДУ	Предельно допустимый уровень

ОВОС	Оценка воздействия на окружающую среду
ОДК	ориентировочно-допустимая концентрация
ОСиБ	Окружающая среда и безопасность
Р	рентген (единица экспозиционной дозы гамма-излучения)
рН	реакция почвенной среды
РАО	радиоактивные отходы
ТЕРН	Тяжелые естественные радионуклиды
ТМ	тяжелые металлы
ТАСИС	Техническая помощь содружеству Независимых государств
ЭД	экспозиционная доза

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы диссертации. Известно, что Кыргызстан был крупнейшим производителем урана с 1946 по 1968 годы для предприятий оборонной промышленности бывшего СССР. Вследствие неэффективной добычи и нерациональной переработки полезных ископаемых, на территории республики заскладировано в отвалах и хвостохранилищах огромный объем минерального сырья – 747,2 млн. м³ отходов с высоким содержанием ряда потенциально опасных радиоактивных и химических элементов. Современное состояние данных отвалов и хвостохранилищ столь плачевно, что радиоактивные отходы, тяжелые металлы и другие токсичные вещества загрязняют окружающую природную среду (почву, воду, воздух) и живые организмы. Они вовлекаются в биогеохимические циклы с формированием техногенных биогеохимических провинций [28, 52, 134].

В Кыргызской Республике в настоящее время предпринимается попытки решать проблемы наследия добычи и переработки урановых руд в виде значительного количества площадок и объектов, где накоплены тысячи тонн радиоактивно загрязненных отходов, которые представляют потенциальную угрозу на окружающую среду и здоровью населения.

Одним из таких объектов наследия уранового производства в Кыргызской Республике были определены площадки (хвостохранилища, бывшие урановые шахты и связанные с ними объекты бывшей производственной структуры) в окрестности с. Мин-Куш [135, 129, 31, 54, 64].

Эколого-биогеохимическое состояние почвенного покрова, биогеохимия радиоактивных элементов и тяжелых металлов в урановой природно-техногенной провинции Мин-Куш до настоящего времени остаётся недостаточно изученной. В связи с этим, к настоящему времени назрела необходимость провести эколого-радио-биогеохимических исследований почвенного покрова, определить содержания естественных радионуклидов и тяжелых металлов в почвенном покрове урановой природно-техногенной провинции Мин-Куш.

Связь темы диссертации с крупными научными программами, основными научно-исследовательскими работами, проводимыми научными учреждениями. Диссертация написана в рамках комплексной научно-исследовательской работы Института биологии НАН Кыргызской Республики: «Эколого-биологические основы сохранения устойчивого использования биоразнообразия природы Кыргызстана» (№003948), подраздела «Изучение влияния природно-техногенных факторов на природные экосистемы» (на примере урановых и др. полиметаллических и городских субрегионов) и в рамках международного проекта МАГАТЭ «Surface Radiological Characterization of Uranium legacy sites in Min-Kush using portable instruments».

Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является изучение экологии почвенного покрова урановой природно-техногенной провинции Мин-Куш. В соответствии с целью были поставлены следующие задачи:

1. Определить мощность экспозиционной дозы радиационного фона на территории урановой природно-техногенной провинции Мин-Куш;
2. Провести физико-химический анализ почвенного покрова и составить почвенную карту-схему;
3. Определить содержание микроэлементов (Pb, Cu, Zn и др.) в почвенном покрове;
4. Определить содержание основных радионуклидов (U, Th, Ra и др.) в почвенном покрове;
5. Оценить эколого-биогеохимическое состояние почвенного покрова на территории урановой природно-техногенной провинции Мин-Куш.

Научная новизна работы. Впервые проведено комплексное обследование почвенного покрова урановой природно-техногенной провинции Мин-Куш. Проведен физико-химический анализ почв, определено качественное состояние почвы и составлена почвенная карта-схема, комплексно изучена и установлена

мощность экспозиционной дозы радиационного фона, определено содержание микроэлементов и радионуклидов в почвенном покрове природно-техногенных участков. Проведена оценка эколого-биогеохимического состояния почвенного покрова урановой природно-техногенной провинции Мин-Куш.

Практическая значимость полученных результатов. Данные результатов диссертации используются в Республиканской почвенно-агрохимической станции, в целях разработки мероприятий по мониторингу почв на данной территории (Акт внедрения №1). Теоретические данные используются в учебном процессе Кыргызского государственного университета им И. Арабаева при чтении курсов лекций по экологии, радиационной экологии, геохимии окружающей среды, при разработке учебно-методических комплексов и при методических разработках к лабораторным занятиям (акт внедрения №2).

Также, основные результаты диссертационной работы (фактические данные и выводы) могут быть использованы: Департаментом профилактики заболеваний и государственного санитарно-эпидемиологического надзора Министерства здравоохранения Кыргызской Республики, Министерством природных ресурсов, экологии и технического надзора КР и другими ведомствами и учреждениями Кыргызстана в целях нормирования мощности экспозиционной дозы радиационного фона, содержания радионуклидов и тяжелых металлов в объектах окружающей природной среды.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Вариация экспозиционной дозы гамма-излучения в урановой природно-техногенной провинции Мин-Куш.
2. Физико-химический анализ почвенного покрова.
3. Особенности содержания микроэлементов (Pb, Cu, Zn и др.) в почвенном покрове.
4. Особенности содержания основных радионуклидов (U, Th, Ra и др.) в почве.

5. Эколого-биогеохимическое состояние почвенного покрова урановой природно-техногенной провинции Мин-Куш.

Личный вклад соискателя. Полевые и лабораторные исследования были выполнены соискателем в лаборатории биогеохимии и радиоэкологии Института биологии НАН КР с учетом консультаций научного руководителя и специалистов. Обсуждение полученных результатов, основных положений диссертационной работы было проведено совместно с научным руководителем.

Апробация результатов диссертации. Материалы и основные результаты работы докладывались на международных и республиканских конференциях, на республиканской научно-практической конференции “Современные проблемы геохимической экологии и сохранения биоразнообразия” (Бишкек-Ыссык-Куль, 2013); Международной биогеохимической школе (Барнаул, 2015); XXXI международной научно-практической конференции «Modern science: Theoretical and practical look» (Москва, Научный центр «Олимп», 2018); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Нефть и окружающая среда» (Омск, 2018).

Полнота отражения результатов диссертации в публикациях. Материалы по диссертации изложены в 13 научных статьях в журналах, из них 6 – в научных изданиях, индексируемых в системе РИНЦ с импакт-фактором не ниже 0,1 и индексируемых журналах Кыргызстана.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения, выводов, списка литературы, 2 приложений и изложена на 149 страницах компьютерного текста, включает 22 таблиц, 25 рисунков, 36 фотографий и 1 карту. Список использованной литературы включает 154 наименований.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Почва – как основной объект биогеохимического цикла химических элементов

Одним из важных составляющих экосистемы является почва. Так как почва, будучи продуктом совместного воздействия многих факторов, в том числе климата и растительности, наиболее полно передает специфику экологической, биогеохимической ситуации территории. К тому же педосфера является главным источником элементов питания живых организмов, основным звеном в биологическом круговороте элементов. Почва, выполняя аккумуляционную функцию химических элементов, может накапливать тяжелые металлы и радионуклиды до высоких концентраций, что может негативно отразиться на экосистеме близлежащей территории [117].

Почва – главный компонент и основа обеспечения функционирования всех наземных экосистем и являются одним из главных национальных богатств, невозобновимым и незаменимым стратегическим природным ресурсом. Почва выполняют многие функции в развитии биосферных и хозяйственных процессов развития человечества. Главные из них следующие:

- экологическая биосферная функция, обеспечивающая развития всего многообразия растительного и животного мира.
- Основной компонент природных и культурных ландшафтов как сферы обитания человека со всей социальной, духовной и хозяйственно – экономической деятельностью;
- Геохимическая функция почвы как регулятора, движения, дифференциации и обмена веществ и химических элементов между атмосферой, литосферой, гидросферой, биосферой и антропосферой (сферой деятельности человека);
- Почва как основной продукт ресурс в сельском и лесном хозяйстве, предмет и средство труда человека, основа благосостояния, продовольственном

сырьевой независимости и безопасности государства.

Результаты изучения экосистемных и биосферных функций почв свидетельствует об их исключительно важной роли в биосфере и жизни человека. В начале XX века В. И. Вернадский отметил, что *«все яснее становится нам значение почвы в биосфере не только как субстрата, на котором живет растительный и животный мир, но и как области биосферы, где наиболее интенсивно идут разнообразные химические реакции, связанные с живым веществом»* [14].

Глобальные функции почвы многогранны, их несколько. Первая и главная из них — это обеспечение существования жизни на Земле. Именно из почвы растения, а через них и животные, и человек получают элементы минерального питания и воду для создания своей биомассы. В почве аккумулируются необходимые организмам биофильные элементы в доступных для них формах химических соединений. В почве укореняются наземные растения, в ней обитает огромная масса почвообитающих животных, она плотно населена микроорганизмами. Вторая важнейшая глобальная функция почвы — это обеспечение постоянного взаимодействия большого геологического и малого биологического круговоротов (циклов) веществ на земной поверхности. Попадая на поверхность земли (при формировании земной коры, вулканизме, излияниях в разломах), первичные горные породы подвергаются выветриванию. В верхней части коры выветривания формируется почва, аккумулирующая элементы питания живых организмов. Эти элементы захватываются из почвы растениями и через ряд промежуточных трофических циклов (растения — животные — микроорганизмы) возвращаются назад в почву, что и составляет малый биологический круговорот веществ. Третья глобальная функция почвы — регулирование химического состава атмосферы и гидросферы. Почвенное «дыхание» вместе с фотосинтезом и дыханием живых организмов играет определяющую роль в создании и поддержании состава приземного слоя атмосферного воздуха, а через него и атмосферы в целом. В геологической истории Земли, вероятно, почва сыграла немаловажную роль в

создании современной атмосферы. Педосфера в системе земных геосфер. С другой стороны, именно почвенный покров определяет состав тех веществ, которые поступают в гидросферу на континентальной ветви глобального круговорота воды. Четвертая глобальная функция почвы — регулирование биосферных процессов, в частности плотности жизни на Земле, путем динамичного воспроизводства почвенного плодородия, в чем опять-таки рельефно проявляется диалектика природы, поскольку почва имеет свойства, обеспечивающие жизнь растений, и лимитирующие ее факторы. Распределение живых организмов на суше Земли и их плотность в значительной степени определяются географической неоднородностью почвы и ее плодородием наряду с климатическими факторами. Наконец, пятая глобальная функция почвы — это аккумуляция активного органического вещества и связанной с ним химической энергии на земной поверхности. В конкретном проявлении биосферы на Земле почва является неотъемлемым компонентом природных экосистем или биогеоценозов по терминологии академика В. Н. Сукачева (1880-1968), из которых состоит биосфера, входя в них в качестве особой подсистемы, связанной с другими подсистемами данной экосистемы и окружающих экосистем многочисленными прямыми и обратными функциональными связями [116].

Почва – это важнейшее депо радиоактивных элементов. Через эту среду они могут поступать в воздух, воду, растительные и животные организмы и далее по пищевым цепям – в организм человека, что представляет большую опасность. Поэтому анализ и изучение путей поступления радионуклидов в почву, основных закономерностей их поведения, накопления и способов миграции очень актуальны [77, 69].

Основным фактором, определяющим содержание естественных радиоактивных элементов в почве, являются почвообразующие породы. Наиболее высокие их концентрации характерны для гранитов и тяжелых по механическому составу глинистых пород, а низкие – для песчаников и базальтов. Содержание радионуклидов, как правило, выше в изверженных

кислых и средних породах (граниты, диориты) по сравнению с осадочными [82].

Содержание радионуклидов в почве, поступление их из почвы в растения, темпы их включения в экологические и пищевые цепи в значительной мере зависят от характера их взаимодействия с почвой и процессов миграции. Закрепление их твердой фазой почвы приводит к снижению миграции, длительному удерживанию этих элементов в почве и препятствует их выносу. В процессе миграции радионуклиды могут перемещаться в различных направлениях, рассеиваться, выноситься за пределы почвенного покрова или концентрироваться в каких-то горизонтах почвы.

Под миграцией понимается совокупность процессов, приводящих к перемещению радионуклидов в почве или перераспределению между различными фазами и состояниями. К движущим силам, приводящим к миграции радионуклидов в почвах, относятся:

- Конвективный перенос (фильтрация осадков в глубь почвы, капиллярный подток влаги к поверхности в результате испарения, термоперенос влаги под воздействием градиента температуры);
- Диффузия свободных и адсорбированных ионов;
- Перенос по корневым системам растений;
- Перенос на мигрирующих коллоидных частицах (лессиваж);
- Роющая деятельность животных;
- Хозяйственная деятельность человека.

Миграция радиоактивных веществ, попадающих в почву, зависит от свойств отдельных изотопов и формы химических соединений, в которых они находятся, свойств почвы, наличия в ней ионов, близких по физико-химическим свойствам к попавшим в нее изотопам и характера движения грунтовых вод. Важнейшие физико-химические процессы, происходящие в почвах и обеспечивающие ее плодородие, зависят от содержания в ней частиц, обладающих высокими ионообменными свойствами.

Установлено, что с увеличением содержания органического вещества в почве, повышается и содержание радионуклидов, а их миграционная способность падает, так как радиоактивные элементы могут связываться с органическим веществом, например, образовывать комплексы с гуминовыми кислотами [105].

Так как радионуклиды перемещаются в основном с почвенными водами, то общей закономерностью является увеличение подвижности большинства радионуклидов с увеличением степени увлажненности почвы. Наибольшее значение имеет свободная влага, т.е. не находящаяся под влиянием сорбционных сил и способная свободно мигрировать. Но такая закономерность справедлива не всегда [85, 95].

Миграция естественных радионуклидов, попавших в почву, приводит к их перераспределению, как по глубине почвы, так и в горизонтальном направлении, определяет поступление их в растения, грунтовые воды и водоёмы. Механизмы миграции радионуклидов в почвах разнообразны по своей природе. К ним относятся фильтрация атмосферных осадков в глубь почвы, капиллярный подток влаги к поверхности в результате испарения, термоперенос влаги под действием градиента температур, движение воды по поверхности почвы, диффузия свободных и адсорбированных ионов, перемещение на мигрирующих коллоидных частицах, роющая деятельность почвенных животных и наконец хозяйственная деятельность человека [136].

Несмотря на возросший интерес к экологическим проблемам, в том числе, связанным с увеличением концентраций химических элементов в окружающей среде под влиянием деятельности человека, нельзя забывать и о естественных процессах миграции и концентрации элементов. Известно, что в горных ландшафтах они протекают наиболее интенсивно [13].

Эволюция биогеохимического круговорота является наиболее общим и специфическим показателем исторических преобразований жизни на биосферном уровне ее организации. В современный период изменения

биогеохимических циклов порождают следующие основные антропогенные факторы:

- добыча и сжигание углеводородного топлива, приводящее к увеличению парниковых газов и нарушению цикла углерода;
- извлечение из недр, обогащение руд и выплавка металлов, приводящая к их рассеиванию в окружающей среде и выбросам кислотообразующих газов;
- синтез тысяч новых химических соединений с токсичными свойствами, которые включаются в биогеохимический круговорот;
- искусственное внесение в почву биогенных веществ в виде удобрений, приводящее к нарушению цикла фосфора и азота;
- нарушения природных ландшафтов: опустынивание из-за неправильного использования земель; расширение площади антропогенных пустошей вокруг крупных производств; ветровая и водная эрозия почв; заболачивание и вторичное засоление; отчуждения земель для строительства и других целей; активизация оползней, карста, селей, подтопления, мерзлотных и других неблагоприятных процессов [96].

Хозяйственная деятельность человека приводит к изменениям в структуре и функциях природных комплексов: изменяются направления и темпы миграции химических элементов, перемещаются зоны их выноса и накопления.

Накопление и распределение тяжелых металлов в почвенном покрове зависит от ряда факторов: химического и гранулометрического состава почвообразующих пород, рельефа местности и характера почвообразующих пород.

От содержания гумуса зависит его способность адсорбировать тяжелые металлы. Важным фактором, влияющим на поведение тяжелых металлов, является рН (кислотность среды) [94].

Так при нейтральной и слабощелочной реакции почвенного раствора образуются труднорастворимые формы тяжелых металлов.

При возрастании рН среды подвижность ряда тяжелых металлов (цинк, кобальт, марганец, свинец, мышьяк, кадмий, ртуть и др.) снижается, а при

снижении pH труднорастворимые формы (Mo, Cr) переходят в более подвижные [78].

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 [78].

В ландшафтах, практически не затронутых хозяйственной деятельностью, содержание тяжелых металлов в почве незначительное. Так, кларк кадмия в почве составляет 5×10^{-5} %, или 0,5 мг/кг, для ртути 1×10^{-6} %, или 0,01 мг/кг, для свинца $1,6 \times 10^{-3}$ %, или 16 мг/кг, для меди - 1×10^{-2} %, или 100 мг/кг, для цинка - 5×10^{-3} %, или 50 мг/кг [38].

Важно отметить, что фоновое содержание тяжелых металлов в почвах зависит от их содержания в почвообразующей породе и от механического состава (от содержания физической глины $<0,01$ мм), от кислотности почв, которая приводит к увеличению подвижности тяжелых металлов и повышению их выноса растениями. Также на поведение тяжелых металлов в почвах оказывают влияние органическое вещество, глинистые минералы, оксиды, гидроксиды Fe, Mn, Si, Al, которые меняются от условий почвообразования [65, 86, 94].

Почва является носителем особого свойства - плодородия, отличающего ее от горной породы. Плодородие характерный признак почвы, тесно связанный с почвообразованием, с жизнедеятельностью растений и микроорганизмов, поселяющихся на материнской породе. Поэтому плодородной почвой будет та, которая содержит достаточное количество доступных для растений элементов питания, которые в основном сосредоточены в слоях: 0-20 см и 20-40 (50) см [112, 89].

Важнейшие морфологические признаки почвы – это окраска, структурность, гранулометрический состав и сложение почвы, новообразования

и включения, встречающиеся в почве, наличие и распространения в ней корней растений и ходов роющих животных, общее строение почвенного профиля

Окраска, или цвет почвы, особенно самого верхнего ее горизонта, является морфологическим признаком, который обращает на себя внимание исследователя в первую очередь. Именно поэтому научные наименования различных типов и видов почв основаны чаще всего на окраске: чернозем, серозем, краснозем, каштановая почва и т. д.

В зависимости от выраженности структуры различают почвы структурные, обладающие более или менее хорошо выраженной структурой, и почвы бесструктурные, которые никакой структурой не обладают.

Гранулометрический состав – очень важный признак при определении и изучении почвы. Под гранулометрическим (или механическим) составом почвы понимается относительное содержание в ней частиц разной величины: камней, песка, пыли и глины.

Сложение почвы выражает степень ее плотности или рыхлости, а также характер ее пористости [117].

Известно, что в пределах каждого зонального типа почв могут существовать территории различной площади с резко различающимся химическим составом почвенного покрова. Это так называемые природные биогеохимические аномалии. В зоне деятельности многих промышленных предприятий (рудников, шахт, металлургических заводов и др.) возникают техногенные биогеохимические аномалии (провинции). Повышенные концентрации ТМ в биокосных компонентах природной среды (природные геохимические провинции) могут возникнуть в местах выхода рудоносных пород на земную поверхность. Разработка металлических руд приводит к интенсивному загрязнению среды, и природная геохимическая провинция трансформируется в техногенную.

Самыми серьезными проблемами последнего десятилетия являются аридизация, деградация, засоление, загрязнение почв, ландшафтов, целых районов. Возникновение их обусловлено не только изменениями климата и

другими факторами, определяющими сложившуюся экологическую обстановку, но и нерациональным использованием, неумелой эксплуатацией водных и земельных ресурсов, т.е. неправильным воздействием на природу [63, 90, 133].

В горных системах, особенно в относительно молодых Тянь-Шане и Памиро-Алае, не всегда прослеживаются определенные закономерности формирования и распределения почвенного покрова. Это связано с пестротой условий на разных высотах (от 500 до 7500 м над уровнем моря), с крутизной склонов (от 0° до 70-80°) и других факторов почвообразования. В использовании природы гор в республике необходимо помнить о хрупкости почвенного покрова, который отличается малой мощностью (от 20 до 50 см). Поэтому нарушение экологического равновесия в горах ведет к непредсказуемым последствиям на прилегающей территории [63, 90].

Новым важным этапом в развитии почвоведения в Киргизии явилась организация в 1947 г. сектора почвоведения Киргизского филиала АН СССР. Появился научный центр почвоведения в республике, стало возможным проведение планового и систематического изучения почв [90].

В 1948 – 1958 гг. почвенные исследования носили преимущественно географический характер. Были проведены маршрутные обследования всей территории республики, составлены среднемасштабные почвенные карты отдельных крупных регионов.

В 1950-годах, под руководством академика А.М. Мамытова, исследовалось содержание некоторых макро- и микроэлементов в почвах республики. 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 [61].

Позднее изучением биологической роли микроэлементов занимались в Кыргызском Национальном университете Портнягина, 1990; Б. К Кадырова, Дженбаев, 1995; Кыргызской Аграрной академии М. Айтматов, (Геоэкологич.

проблемы), Институте животноводства и ветеринарии и других научно-исследовательских институтах.

Под руководством проф. А. М. Мурсалиева в лаборатории Биогеохимии изучались микроэлементы в системе «почва – микроорганизмы – растения» (Мурсалиев, 1977, 1990; Мурсалиев, Дженбаев, 1996) и др.

1.2. Радиоактивные вещества в окружающей среде

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) [83].

Опасность радиоактивного загрязнения почвенного покрова была осознана в 50-х годах нашего столетия, когда повсеместно наблюдались радиоактивные выпадения из атмосферы от испытаний ядерного оружия. На современном этапе число потенциальных источников радиоактивных загрязнений существенно пополнилось и, прежде всего, с расширением сферы использования ядерной энергии не только в военных, но и в мирных целях. К ним относятся атомные электростанции и другие предприятия, обеспечивающие полный ядерно-энергетический цикл, урановые шахты и обогатительные фабрики, рудники, заводы по разделению изотопов и переработке облученного ядерного топлива, хранилища радиоактивных отходов; Важную роль в повышении радиационного фона почвенного покрова могут играть также тепловые электростанции, работающие на угле и горючих сланцах. Их зольные выбросы содержат такие радиоактивные элементы, как полоний, радий, торий, уран в концентрациях, иногда многократно превышающих их естественный фоновый уровень. Следует отметить, что,

несмотря на большое разнообразие антропогенных источников загрязнения почвенного покрова, их вклад в общую дозовую нагрузку мал по сравнению с естественным радиационным фоном, что видно на примере средних доз облучения населения СССР от разных источников. Однако, проявляется четко выраженная тенденция локального увеличения роли антропогенного радиационного фактора с течением времени, которую следует учитывать при разработке мер охраны почв от радиоактивного загрязнения. Характерная особенность радиоактивного загрязнения почвенного покрова состоит в том, что в среднем по массе количество радиоактивных примесей чрезвычайно мало и они не вызывают изменений основных свойств почвы — ее pH, соотношения элементов минерального питания, уровня плодородия. Лимитирующими факторами в этом случае являются, как правило, рекомендуемые пределы концентраций радиоактивных веществ, поступающих из почвы в продукцию растениеводства [116].

Известно, что изучение поведения радиоактивных элементов естественного происхождения было начато В.И. Вернадским в конце 20-годов, созданной в Биогеохимической лаборатории. Основное внимание в те годы было уделено роли живого вещества в концентрировании естественных радиоактивных элементов (изотопов урана, радия и тория) в объектах окружающей среды [124].

Первой задачей, поставленной академиком В.И. Вернадским перед естественной наукой, было исследование радиоактивных минералов и их месторождения на территории России. В.И. Вернадский, начиная с 1908, постоянно проводил огромную работу по организации экспедиций и созданию лабораторной базы по поискам и изучению радиоактивных материалов. В экспедициях в 1908-1913 гг. совместно с академиком В.И. Вернадским работали известные ученые как: К.А. Надкевич, А.Э. Ферсман, Д.С. Белянкин, Я.В. Самойлов и др. В этот период академик Вернадский В.И. был в научной экспедиции в Кыргызстане на территории Тяу-Моюн, где впервые добывался Советский радий.

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. После открытия радионуклидов начались их обширные поиски во всех объектах внешней среды. В России изучение уровней содержания естественных радионуклидов в различных объектах было начато по инициативе академика В.И. Вернадского примерно 100 лет назад. Он ещё в начале XX века изучал радиоактивность отечественных минералов. В дальнейшем эти работы были продолжены академиком А.П. Виноградовым. Результатами первых исследований было установлено, что источником радиоактивности биосферы являются коренные породы, которые вследствие метеорологических, гидрологических, геохимических и вулканических процессов, непрерывно протекающих на земной поверхности, а также деятельности человека разрушаются, а содержащиеся в них естественные радионуклиды рассеиваются и постепенно включаются в круговорот веществ в биосфере [33, 34].

Следует отметить новый этап в развитии учения о микроэлементах. Кроме точек приложения микроэлементов в обмене веществ, в настоящее время особую роль придают их взаимодействиям. Они наблюдаются как в процессе образования и трансформации планетного вещества, в эпигенетических и гипергенных процессах (миграция и дифференциация вещества), так и в биогеохимических процессах (аккумуляция и рассеяние химических элементов организмами). Конкурентные и синергические связи между макро- и микроэлементами (Ca-P, Fe-Mn, Fe-Zn, P-Se, Ca-Zn, I-Se, Cu-Se, Zn-Cd, Cu-Mo) наблюдаются на стадии всасывания, на фазе проникновения через мембраны, на молекулярном и генетическом уровнях [34].

Изучение подвижности радионуклидов, которая в значительной степени зависит от физико-химических свойств почв, является важной составляющей данной проблемы. Поиск физико-химических параметров, оказывающих влияние на миграционную способность радионуклидов, имеет важное значение

для понимания процессов их перераспределения в почвах, а также для возможности прогнозирования дальнейших путей миграции в экосистемах. Особую актуальность это приобретает в случаях радиоактивного загрязнения почв, когда ее физико-химические параметры могут быть сильно изменены и напрямую связаны с типом загрязнения.

Миграционная способность радионуклидов в значительной степени зависит от физико-химических свойств почвы. При исследовании влияния различных физико-химических характеристик подзолистой почвы, загрязненной радиоактивными отвалами, на подвижность урана, тория и радия методом пошагового мультирегрессионного анализа было выявлено, что их удельные активности напрямую зависят от уровня содержания фосфора, который находится в значительных количествах в верхнем слое исследуемой почвы и способен образовывать с указанными радионуклидами нерастворимые или слабо растворимые соединения. На распределение урана, помимо содержания фосфора, оказывает влияние содержание обменного кальция, который также снижает подвижность урана в почве, и содержание калия, с увеличением концентрации которого подвижность радионуклида в почве возрастает. Кроме того, подвижность урана зависит от pH, с ростом которого в рассматриваемом диапазоне кислотности почвы миграционные свойства радионуклида увеличиваются [144].

Радиоактивное загрязнение почвенного покрова представляет большую опасность, так как человек в результате этого подвергается воздействию излучений радионуклидов в процессе производства и потребления сельскохозяйственной продукции. Следует отметить, что ее качество может оказывать значимое влияние на здоровье населения и социально-психологическое благополучие целых регионов [49].

Теоретическим фундаментом изучения поведения радионуклидов в наземных экосистемах являются труды великих предшественников. В их основе лежит фундаментальная концепция естествознания – учение В.В. Докучаева и В.И. Вернадского о почвах, ландшафтах и биосфере, основанная

на естественно историческом анализе разнокачественных причинно-следственных связей, существующих между компонентами сложных природных образований и обеспечивающих их стабильность во времени и пространстве. Грандиозный биогеохимический круговорот вещества, в который включаются и поступающие в биосферу радионуклиды, обусловлен как взаимодействиями живых организмов между собой и косными компонентами среды, так и взаимодействиями живых сообществ, более или менее самостоятельных объектов природной среды [137].

Из известных долгоживущих радиоактивных изотопов наиболее велико геохимическое значение ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K [7]. Присутствием этих нуклидов в составе почв обусловлена их радиоактивность. Калий-40 и члены двух радиоактивных семейств, берущих начало от урана-238 и тория-232, относятся к основным радиоактивным изотопам, встречающимся в земной коре, и являются основными факторами существования естественного радиационного фона. ^{40}K – основной радионуклид, обуславливающий постоянное внутреннее γ - и β - облучение живых организмов. Являясь незаменимым элементом, участвующим в обмене веществ, ^{40}K активно поглощается живыми организмами. Из почвы калий-40 поступает через корневую систему в растения, а с растительной пищей – в организм животных и человека [81, 124].

Наиболее распространенными радионуклидами биосферы являются уран и торий. Характерным для урана и тория является их всеобщее рассеяние. Уран и торий находятся во всех изверженных, метаморфических и осадочных породах, а также в воде рек, морей и океанов. Распределение и концентрация урана и тория в земной коре имеет особое значение, потому что уран и торий переходят вследствие распада в накапливающийся земной коре - свинец и гелий. При их распаде постоянно выделяется тепло, имеющее важное значение в тепловом режиме Земли [41].

Уран открыт в 1789 году, но в чистом виде (металл серо-стального цвета) выделен только в 1841 году. Он является самым тяжелым из относительно

распространенных на Земле элементов. Представлен тремя радиоактивными природными изотопами: ^{238}U (99,275 %), ^{235}U (0,720 %) и ^{234}U (0,005 %).

Отличительной особенностью геохимии U^{4+} от лантаноидов, Ti^{2+} и других элементов-гидролизатов является высокая среди катионов степень подвижности в водных растворах. Этот вывод впервые был сделан В.И. Вернадским в 1930 г. в работе «Очерки геохимии». Он писал, что история U совершенно иная, чем у Th. «Во-первых, существование нескольких окисей урана, обладающих различными свойствами, и во-вторых, его многочисленных природных соединений, легкорастворимых в надземных и подземных водах...». В отличие от других долгоживущих природных радионуклидов ^{238}U , ^{235}U и ^{232}Th не сразу превращаются в стабильные дочерние продукты, а образуют длинные цепочки относительно короткоживущих промежуточных продуктов распада, которые называются рядами распада или радиоактивными семействами. Конечными стабильными продуктами всех трех рядов являются изотопы свинца: ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb , которые носят название радиогенных, в отличие от нерадиогенного изотопа ^{204}Pb .

Торий (Th) – радиоактивный химический элемент, открыт в 1828 году И.Я. Берцелиусом. Назван в честь скандинавского бога грома Тора. Атомный номер – 90, атомная масса – 232,039. Он представлен радиоактивными природными изотопами: ^{232}Th (~100 %, $T_{1/2} = 1,4 \times 10^{10}$ лет); ^{228}Th (радиоторий X и UX₁', $T_{1/2} = 1,9$ лет), ^{230}Th (ионий I₀, $T_{1/2} = 8 \times 10^4$ лет), ^{234}Th (уран X₁-UX, $T_{1/2} = 24,1$ дня), ^{227}Th (радиоактивный X-UX; $T_{1/2} = 18,7$ дня), ^{231}Th (уран Y-UY, $T_{1/2} = 25,5$ ч). Известно несколько искусственных короткоживущих (секунды, минуты) изотопов Th ²³². Th является вторым по распространенности природным радиоактивным изотопом в земной коре ($1,2 \times 10^{-3}$ %), уступает только ^{87}Rb ($4,16 \times 10^{-3}\%$).

Известны 4 природных изотопа радия: ^{223}Ra ($T_{1/2} = 11,2$ дня), ^{224}Ra ($T_{1/2} = 3,6$ дня), ^{226}Ra ($T_{1/2} = 1602$ года), ^{228}Ra ($T_{1/2} = 8,8$ года). Это щелочноземельный элемент, близкий по химическим свойствам к барию. В своих соединениях радий и барий изоструктурны. Радиус иона $\text{Ra}^{2+} = 1,44$, $\text{Ba}^{2+} = 1,38$. Как и все

щелочноземельные элементы, радий обладает единственной формой окисления +2, мало склонен к комплексообразованию, находится в водных растворах в форме иона Ra^{2+} [18].

По данным А.П. Виноградова [1957], почвы бывшего Союза содержат в среднем $1,3-9,3 \cdot 10^{-5}\%$ урана. В исследованных почвенных образцах Кыргызстана содержание урана колеблется в пределах от 0,4 до $70 \cdot 10^{-4} \%$. Особенности геологического строения и гидрогеологического режима местности, разное содержание коллоидной фракции и органического вещества способствуют неодинаковому количеству урана в почвенном покрове [126, 127].

Доминирующая часть естественной радиоактивности почв связана с радиоизотопами, которые образуют три радиоактивных семейства - урана (родоначальник ^{238}U ; период полураспада $T_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9$ лет), актиния (родоначальник ^{235}U ; $T_{1/2} = 7,1 \cdot 10^8$ лет) и торий (родоначальник ^{232}Th ; $T_{1/2} = 1,4 \cdot 10^{10}$ лет).

Поведение естественных радионуклидов, входящих в природные ряды распада, в почве зависит от таких факторов, как: химические свойства элемента, изотопом которого является данный радионуклид; физико-химические условия среды, определяющиеся характером и интенсивностью почвообразующих процессов, которые в свою очередь являются функцией природно-климатических и ландшафтных условий; концентрация и формы нахождения урана и тория в почвообразующих породах и радиоактивные свойства радионуклида (период полураспада, принадлежность к тому или иному ряду и место в нем [69, 122]).

Содержание урана в земной коре составляет 0,003%, он встречается в поверхностном слое земли в виде отложений. Первоначальная концентрация урана происходила во время формирования земной коры. Затем вследствие взаимодействия геохимических и орогенических процессов уран перераспределялся и отчасти концентрировался до промышленных месторождений. Урановая провинция определяется как обширная площадь

обычно с расплывчатыми очертаниями, в которой урановые месторождения и обогащённые ураном породы развиты довольно широко [32, 36].

Распределение урана и тория в почвах отдельных ландшафтных поясов определяется характером и направлением процессов почвообразования, в результате почвы сильно различаются по содержанию указанных радионуклидов [75].

Исследованиями В. И. Баранова и С. Г. Цейтлина показано, что изверженные породы содержат больше естественных радионуклидов нежели породы метаморфические и осадочные [22, 23, 24].

В связи с этим почвы, образованные на породах изверженных, более радиоактивны, чем почвы, образованных на породах осадочных. К аналогичным выводам приходят некоторые другие исследователи показавшие, что из изверженных пород кислы (граниты) более радиоактивны, чем основные породы [75].

Почва - мощный сорбент радиоактивных продуктов деления, и этот факт является определяющим в дальнейшей судьбе отдельных радионуклидов, попавших на ее поверхность. В результате сорбции основная масса радиоактивных веществ на естественных и сеяных лугах, а также на целинных и залежных участках задерживается в верхнем слое. Аккумулирующая способность почвы является, по мнению большинства исследователей, функцией двух показателей - минерального состава и содержания органического вещества, следовательно, различные типы почв в разной степени будут накапливать радиоактивные элементы. Радионуклиды из почвы переходят в растения, которые поедаются сельскохозяйственными животными, и в итоге радионуклиды с объектами ветеринарного надзора попадают на стол населению. По данным А.П. Виноградова в горных породах содержатся различные количества урана и тория. Содержание урана и тория в кислых магматических породах близок к количеству их в осадочных, но выше, чем в основных породах [75].

^{232}Th малотоксичен, однако как природный радиоактивный элемент вносит свой вклад в естественный фон облучения. Основным фактором, определяющим содержание ^{232}Th в почве, является концентрация его в материнских породах. ^{232}Th аккумулируется в почве в результате выветривания пород и почвообразования, что очевидно из того, что концентрация его в почвах более высокая, чем в породах. В 1934 году В. И. Вернадским содержание тория в почвах оценивалось в среднем величиной порядка 32,8 Бк/кг, и эта величина принята за геохимический фон ^{232}Th [16].

Среди природных радионуклидов основное внимание в нашем исследовании было уделено ^{226}Ra , который является материнским элементом радиоактивному газу - радону. В природе ^{226}Ra находится в рассеянном состоянии. Он не входит в состав отдельных минералов, а широко распространен в виде включений во многих образованиях. В почвах ^{226}Ra в отличие от других тяжелых естественных радионуклидов активно мигрирует.

Таким образом, выявленные повышенные удельные активности ^{232}Th и ^{226}Ra , превышающие кларковые значения, обусловлены с рассеянными и рудными концентрациями урана в угленосных породах.

На уровень накопления радионуклидов в почвах и на интенсивность последующего их включения в биогеохимические, экологические и пищевые цепи в значительной степени влияют гранулометрические и физико-химико-биологические свойства почв, а также физико-химические свойства самого радионуклида.

В радиоэкологии нередко используется параметр, который может условно охарактеризовать радиационную обстановку - эффективная удельная активность, рассчитанная по формуле: $A_{\text{эфф}} = A_{\text{Ra}} + 1,31A_{\text{Th}} + 0,085A_{\text{K}}$ (Бк/кг), где A_{Ra} , A_{Th} , A_{K} - удельные активности в Бк/кг изотопов ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K [145].

Поведение радионуклидов в почве регулируется процессами изменения подвижности их физико-химических форм. В основе трансформации форм радиоактивных элементов лежат сорбционные взаимодействия в сочетании с

миграцией почвенных частиц и движением растворов. Сорбция, с одной стороны, обеспечивает существование долговременного источника радионуклидов для поступления в растения, с другой – ограничивает биологическую доступность элементов. Таким образом, изучение процессов поглощения в почве урана, радия и тория необходимо для прогнозирования их судьбы в окружающей среде. Согласно существующим методологиям исследования, закрепление радионуклидов сопровождается распределением элементов между основными почвенными фазами. Особое внимание обращается на изучение физико-химического состояния в природных растворах и закономерностей поглощения урана, радия и тория твердой фазой почв и отдельными ее компонентами. Важное значение для выяснения механизмов закрепления в почве радиоактивных элементов имеют исследования, проводимые в модельных условиях.

Значительная концентрация гумуса, как правило, увеличивает сорбцию радионуклидов в почве. Влияние органических веществ на процессы поглощения в почве обусловлено тем, что они или сами являются коллекторами радиоактивных элементов, или модифицируют поглотительные свойства иных сорбентов, а также образуют подвижные соединения с радионуклидами. Механизмы соответствующих поглотительных процессов мало изучены. Здесь имеют место адсорбция, ионообмен, осаждение, в том числе вследствие протекания окислительно-восстановительных реакций. Последний механизм некоторыми авторами считается главным для урана. Вместе с тем экспериментально установлено, что в комплексах с природной гуминовой кислотой шестивалентный уран сохраняет валентность. Механизм сорбции заключается в обмене катионов водорода и уранила, поэтому емкость и скорость поглощения зависят от кислотности среды. Ионы трехвалентного железа Fe^{3+} ингибируют образование гуматов уранила за счет поверхностной сорбции на частицах коллоидной гуминовой кислоты, препятствуя миграции урана в виде поглощенных или истинных растворов гуматов уранила. В то же время добавление гуминовой кислоты к суспензии гематита снижает

поглощение радиоэлемента, степень снижения зависит от рН среды и количества гуминовой кислоты. При этом доминирующим фактором является доля урана, связанного в гуматы. В присутствии фульватов сорбция радионуклида глинистыми компонентами почв полностью подавляется [118].

Миграция радиоактивных веществ, попадающих в почву, зависит от свойств отдельных изотопов и формы химических соединений, в которых они находятся. А также от свойств почвы, наличия в ней ионов, близких по физико-химическим свойствам попавших в нее изотопам, и характера движения грунтовых вод. Важнейшие физико-химические процессы, происходящие в почвах и обеспечивающие ее плодородие, зависят от содержания в ней частиц, обладающих высокими ионообменными свойствами [105, 69].

Изучение форм нахождения радионуклидов и химических элементов представляет собой сложную задачу. Почва является термодинамически открытой, многофазной, полифункциональной системой, в которой происходят разнообразные физико-химические, химические и биологические процессы. Почва обладает высокой поглотительной способностью, включающей такие ее виды как механическая, физическая, физико-химическая, биологическая и др. Как правило, в основе разделения соединений и связанных с ними радионуклидов на группы (формы нахождения) лежат различия в их растворимости, а также связи с органическими и неорганическими компонентами почв. Несмотря на определенные трудности, методы изучения форм нахождения радионуклидов и химических элементов широко применяются в радиоэкологии, а полученные результаты позволяют судить о поведении их в объектах окружающей среды [124].

Почва загрязненных территорий является источником дальнейшего распространения радионуклидов по биологическим цепочкам, поэтому мониторинг радиоактивных элементов в почве необходимо как контроля этих элементов в окружающей среде.

Радиоактивность почв обусловлена присутствием в них широкого набора радиоактивных элементов естественного и техногенного происхождения.

Важнейшими и самыми распространенными естественными радиоактивными элементами в природе являются: калий (K), и тяжелые элементы – уран (U), торий (Th), полоний (Po), радий (Ra), свинец (Pb). Два последних являются наиболее биологически опасными среди естественных радионуклидов [69, 12].

В конце 30-х годов профессором А.П. Виноградовым выдвигается известная концепция о биогеохимических провинциях, которая особенно увлекла В.В. Ковальского. В эти же годы Биогеохимической лабораторией впервые исследовались провинции уровской эндемии в Читинской области и эндемического зоба в Дагестане. Впоследствии эти провинции так же изучаются В.В. Ковальским, а затем В. В. Ермаковым – с 1989 года заведующий лабораторией биогеохимии окружающей среды ГЕОХИ им. В.И. Вернадского - профессор, доктор биологических наук, заслуженный деятель науки РФ, лауреат Премии им. А.П. Виноградова РАН [124].

Исследование биогеохимических провинций в Кыргызстане, впервые в Среднеазиатском регионе, началось в 1960-е годы под руководством профессора В. В. Ковальского при активной поддержке академика И. В. Выходцева и проф. Е. В. Никитиной. В 1970-е годы по инициативе член-корр. НАН Кыргызской Республики, проф. М. М. Токобаева и проф. П. А. Гана и Биолого-почвенном институте НАН Кыргызстана была создана лаборатория Биогеохимии растений. Руководителем этой лабораторией был один из основоположников биогеохимических исследований в Кыргызстане д.б.н. А.М. Мурсалиев. Биогеохимическими исследованиями установлено, что в Кыргызстане каждый горный хребет и межгорная впадина отличаются характерными особенностями содержания микроэлементов: в почве, растениях и других объектах биосферы. Известно также, что горные республики богаты различными минеральными ресурсами (ртутно-сурьмяными, свинцовыми, урановыми и полиметаллическим). На склонах происходит обеднение микроэлементами почв и 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. Особо следует отметить, что впервые А.М. Мамытовым (1965) определено содержание микроэлементов в почвах Кыргызстана [54].

Кыргызстан – страна, богатая в отношении минерально-сырьевых ресурсов. Ряд горнорудных предприятий республики по объемам и уникальности производимой продукции (уран, сурьма, ртуть, редкоземельные элементы) занимали ведущее место в бывших царской России (радий) и СССР, обеспечивая их оборонноспособность и экономическое развитие [129, 133].

Промышленная добыча и переработка радиоактивных руд на территории Кыргызстана была начата в руднике Тое-Моюна. В результате многолетней деятельности урановых рудников образовалось значительное количество радиоактивных отходов, которые заскладированы в горных отвалах и хвостохранилищах в различных районах страны. К числу основных предприятий добычи и переработки, радиоактивных руд в Кыргызстане относятся: бывший горно-химический комбинат в Майлуу-Суу, Шекафтаре, Кызыл-Джаре, предприятия Кара-Балтинского горнорудного комбината (КГРК), п. Мин-Куш, п. Каджи-Сай, а также Кыргызский горно-металлургический комбинат в п. Ак-Тюз и п. Орловка.

После второй Мировой войны добыча урановой руды резко возросла во всем мире, особенно в СССР, и с тех пор она продолжается. В то время Центральная Азия являлась одной из главных минерально-сырьевых баз природного урана и редкоземельных элементов для бывших Царской России и СССР. В горных районах региона, начиная с 1907 г., функционировали рудники и комбинаты, осуществлявшие добычу и переработку урановых руд, редкоземельных элементов с ториевой минерализацией. В качестве наследия от многолетней деятельности этих предприятий осталось огромное количество радиоактивных отходов, размещенных на поверхности земли в отвалах и хвостохранилищах. Они расположены в пределах населенных пунктов, на водосборных площадях, зачастую непосредственно в руслах и поймах

бассейнов трансграничных рек, стекающих в густонаселенные долины всего региона Центральной Азии [49, 52].

Таким образом, месторождения радиоактивных руд и минералов Кыргызстана около 100 лет служили сначала в качестве единственных источников радиевого и уранового сырья в дореволюционной России, а затем из руд этих месторождений был получен первый советский радий. Кыргызстан был крупнейшим производителем урана в бывшем Советском Союзе [54, 131].

Известно, что все урановые рудники в республике закрыли в конце 60-х годов XX века, однако на территории республики осталось огромное количество экологически опасных отходов. Таким образом, в настоящее время Кыргызстан является одним из наиболее экологически опасных регионов планеты. На его сравнительно небольшой территории – 199,9 км², с населением 6,0 млн. человек, находится 55 хвостохранилищ, общей площадью 770 тыс. га, в которых заскладировано более 133,15 млн. м³ хвостов и 85 отвалов горных пород, где захоронено 700 млн. м³ отходов, они занимают площадь 1500 тыс. м². Из них 31 хвостохранилище и 25 отвалов содержат отходы уранового производства объемом 51,83 млн. м³, суммарная радиоактивность составляет более 90 тыс. кюри (по состоянию на 2014 г.) [55, 59].

К числу урановых месторождений относится высокогорное Тура-Кавакское ураново-угольное месторождение. На базе этого месторождения, в период с 1953 по 1968 г., в поселке городского типа Мин-Куш, расположенном в центре горной системы Тянь-Шаня, функционировал рудник Кавак, и на местной обогатительной фабрике велась переработка урансодержащих углей и песчаника [54, 56, 65, 68, 133].

Ураново-техногенная провинция п. Мин-Куш (Туура-Кавак) находится на абсолютной высоте около 2000 м, в бассейне реки Мин-Куш. В этом регионе расположены 4 хвостохранилища (Туюк-Суу, Талды-Булак, Как и Дальний) с радиоактивными материалами - объемом 1,15 тыс. м³, площадью 196,5 тыс. м², а также 4 горных отвала (некондиционные руды). После закрытия уранового

производства все хвостохранилища были законсервированы [55, 59, 62, 66, 68, 133, 135].

Кавакское урано-угольное месторождение было открыто геологами в 1948 г. Ураново-угольный рудник функционировал в рассматриваемом районе в период с 1955 по 1969 гг., а в гидromеталлургическом цехе (ГМЦ) велась переработка и обогащение ураносодержащих углей и конгломератов. Следует отметить, что в течение двух лет с начала пуска ГМЦ (до 1957) все отходы производства сбрасывались в реку Мин-Куш без очистки. С 1957 г. по июнь 1962 г. все отходы складировались в хвостохранилище «Туюк-Суу», а с июня 1962 г. в хвостохранилище «Талды-Булак». Транспортировка отходов в хвостохранилища осуществлялась гидравлическим способом по напорному трубопроводу. Осветлённые воды с хвостохранилищ сбрасывались в р. Мин-Куш без дополнительной очистки. С 1968 по 1971 гг. на самом руднике и хвостохранилищах проводились рекультивационные работы и дезактивация наиболее зараженных радиоактивными веществами участков и промплощадок [114].

1.3. Природно-климатическая характеристика района исследований

Исторически п. Мин-Куш развивался как промышленный населенный пункт. Он расположен в центре горной системы Тянь-Шаня на территории Джумгалского района Нарынской области Кыргызской Республики [114]. Общая площадь поселка составляет - 19,4 км² (Фото 1.3.1).



Фото 1.3.1 - Общий вид п. Мин-Куш

В состав поселка входят жилые площадки (микрорайоны): №16, 17, 20, 21, Ак-Улак, Дальний Мин-Куш и Кызыл-Соок [Рисунок 1.3.1]. Перепад высот этих площадок может составлять до нескольких десятков метров, максимальное расстояние дальних площадок до центра более 10 км. Площадки соединены грунтовой дорогой. Расстояние от районного центра Чаек - 50 км, грунтовой дороги. Расстояние от г. Бишкек по другой дороге, проходящей через долины Суусамыр составляет 270 км. Население п. Мин-Куш в данное время составляет 4760 человек.

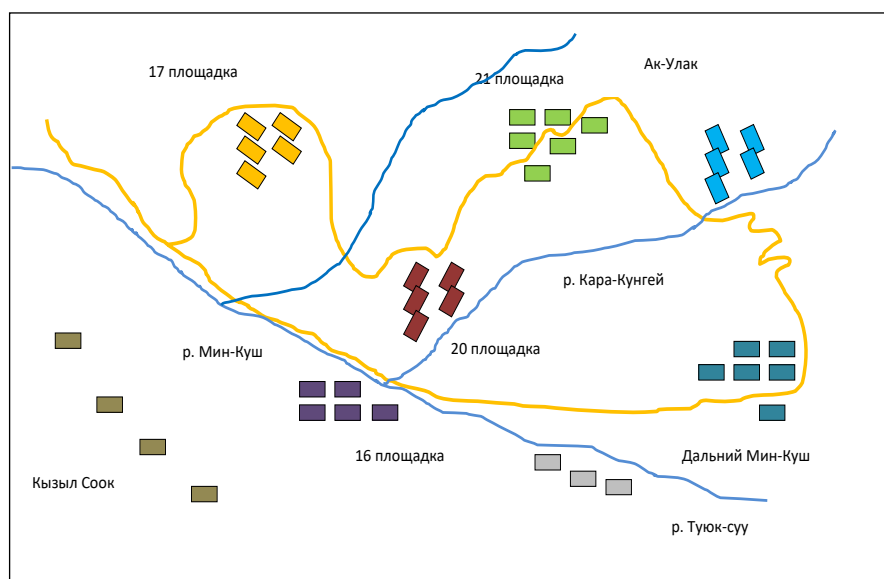


Рисунок 1.3.1 - Схема расположения площадок и основных дорог Мин-Куш [Мин-Кушский а/о].

Рельеф. Мин-Кушская долина расположена во Внутреннем Тянь-Шане, между хребтами Молдо-Тоо и Кабак-Тоо на территории Джумгалского района. Длина ее составляет 30 км, ширина 2 км. Высота над уровнем моря – 1400 – 3300 м. Относительная высота окружающих гор 1500-2100 м. Простирается в основном в широтном направлении, ниже устья р. Туяк-Суу сужается и переходит в ущелье [146].

Кокомерен-Минкушский район охватывает восточную часть Суусамырского хребта, и хребты Кавак-Тоо и Молдо-Тоо. Территория его имеет весьма расчленённый характер. Склоны хребтов в большей своей части крутые,

скалистые, изрезаны узкими каньонообразными долинами рек. Выравненные лошади более или менее значительных размеров на территории Минкушко – Кокомеренской и Каракечинской впадин встречаются редко.

Минкушская межгорная впадина (долина) простирается в основном в широтном направлении, она с двух сторон обрамлена горными хребтами: с юга хр. Молдо-Тоо, с севера хр. Кавак-Тоо. Эти хребты также имеют широтное простираение, а их осевые части представлены острыми гребнями с высотами 3500-4000 метров. Наиболее резко расчленённый рельеф имеет хр. Кавак-Тоо, склоны которого увенчаны причудливыми формами выветривания. Абсолютные высоты в пределах рассматриваемого участка составляют от 2040 м в русле реки до 3600 м на гребне хребта Кавак-Тоо. [132].

В геолого-тектоническом отношении рассматриваемый участок склона приурочен к Минкушскому грабену, который с северной стороны ограничен погружающейся на запад антиклиналью хребта Кавак-Тоо, а с юга – погружающейся в этом же направлении антиклиналью хребта Молдо-Тоо. Контакты этих антиклиналей с обеих сторон представляют надвиги (взбросы), и они прослеживаются на большом расстоянии [79].

Район изобилует различными строительными материалами (глиной, песком, известняком, гипсом, бутовым и строительно-облицовочным камнем, естественным щебнем для покрытия дорог и др.). Он богат водными ресурсами (реки Джумгал, Кокомерен и др.) могущими обеспечить водой не только будущие угледобывающие предприятия и их поселки, но и крупные теплоэлектростанции.

Кавакский угольный бассейн сформировался в верхнем триасе – нижней юре, относится к мезозойскому этапу угленакопления. Уголь с поверхности рыхлый, землистый, находится в свите пестрых песков-песчаников и сланцев. Угли являются высококачественным энергетическим топливом, малозольные и малозернистые. На площади Минкушской группы месторождений юрская толща характеризуется коэффициентом углености 15%. Район в целом

относится к обнаженным, площади развития угленосных отложений – к полуобнаженным [79].

Оползни. Территория поселка Мин-Куш очень подвержена опасности схождения оползней. На территории имеются оползни различных объемов, представляющих различную степень опасности для населения.

По подверженности территории оползневым процессам Минкушский горнопромышленный район занимает второе место в Кыргызстане после горнопромышленной агломерации Майлуу-Суу [132, 129].

Весной 2004 г. на участке правобережного (восточного) склона долины Туюк-Суу, в 200 метрах ниже хвостохранилища, возникли трещины и начал формироваться крупный оползень объемом свыше 0,5 млн. м³. Основными природными причинами возникновения оползня стала серия землетрясений с магнитудой $M = 3,9-4,8$, эпицентры которых находились в радиусе 80 км от поселка Мин-Куш, а также большое количество атмосферных осадков весной-летом 2004 г. Возникновению опасного оползня способствовали также антропогенные воздействия, в частности, подрезка подножья склона при прокладке автомобильной дороги и трубопроводов к хвостохранилищу “Туюк-Суу” [129, 130, 133].

Наиболее яркими примерами оползней является – оползни вблизи бывшего обогатительной (ОФ). Крупный техногенный оползень на склоне над бывшей ОФ, обрушился 30 марта 2013 г. (фото 1.3.2 а). При обрушении отвалов сползшие массы отвальных и горелых пород (глиеж) продвинулись на 90-100 метров и остановились у двух полуразрушенных зданий бывшей ОФ (цеха дробления и завода «Оргтехника»), которые послужили барьером на пути дальнейшего движения оползневых масс по территории ОФ в сторону автодороги. Площадь оползших масс составила сразу после обрушения более 20 тыс. м², а общий объём по ориентировочным оценкам специалистов МЧС КР составил 800-900 тыс. м³ [132].

По сравнению с Майлуу-Суу, который характеризуется низкогорным рельефом (900-1600 м) рассматриваемый район Мин-Куша относится к

среднегорным районам (абс. отметки от 2000 м до 2600 м), что обуславливает отличия в развитии оползневых процессов. В первую очередь, это отличие проявляется в том, что здесь преобладают оползни в скальных породах (фото 1.3.2 а,б).



а) оползень вблизи бывшего завода в 2013г (б) оползень на левом берегу реки в июне 2015

Фото 1.3.2 - Общий вид оползней на территории п. Мин-Куш

В настоящее время наиболее опасным в данном участке является хвостохранилище Туюк-Суу, расположенное в устье реки Туюк-Суу, где происходят геоморфологические процессы (оползни). Известно, что воды из реки Туюк-Суу впадают в р. Коко-Мерен и далее - в р. Нарын и р. Сырдарью [54, 67].

Ситуация в районе хвостохранилища "Туюк-Суу" начала особенно обостряться весной 2004 г, когда на правобережном древнеоползневом склоне долины р. Туюк-Суу, в 200 м ниже хвостохранилища, начал формироваться крупный оползень объемом 0,5 млн. м³ [Рисунок 1.3.2].



Рисунок 1.3.2 - Риск оползня в районе хвостохранилища “Туюк-Суу”

Из-за особенностей сложного горного рельефа района при неизбежной разгрузке оползня в узкую долину речки Туюк-Суу возможно формирование многоступенчатой (каскадной) катастрофы, которая в конечном итоге может повлечь за собой разрушение хвостохранилища с выносом радиоактивных «хвостов» в р. Минкуш, а затем в р. Коко-Мерен, р. Нарын и далее в Токтогульское водохранилище [130].

Климат. Климат района резкой континентальный со значительными колебаниями суточных и месячных температур воздуха. В районе Кавакской впадины отрицательные температуры держатся в течение 5 месяцев (ноябрь-март). Зима сравнительно теплая. Температура воздуха в это время года лишь иногда снижается до минус 20-25°. Самым холодным месяцем является февраль (средняя температура минус 21-22°C). Среднегодовая температура воздуха 2,6-3,3°C (Рисунок 1.3.3,4; Таблица 1.3.1). Осадков выпадает 265-390 мм в год. Снежный покров невелик: мощность его на южных склонах достигает 0,4 м, на северных – 1,0 м. Глубина промерзания грунта не превышает 1 м. Самый теплый месяц года - июль со средней температурой 17.7 °С. Большая часть осадков здесь выпадает в мае, в среднем 74 мм. [79, 146].

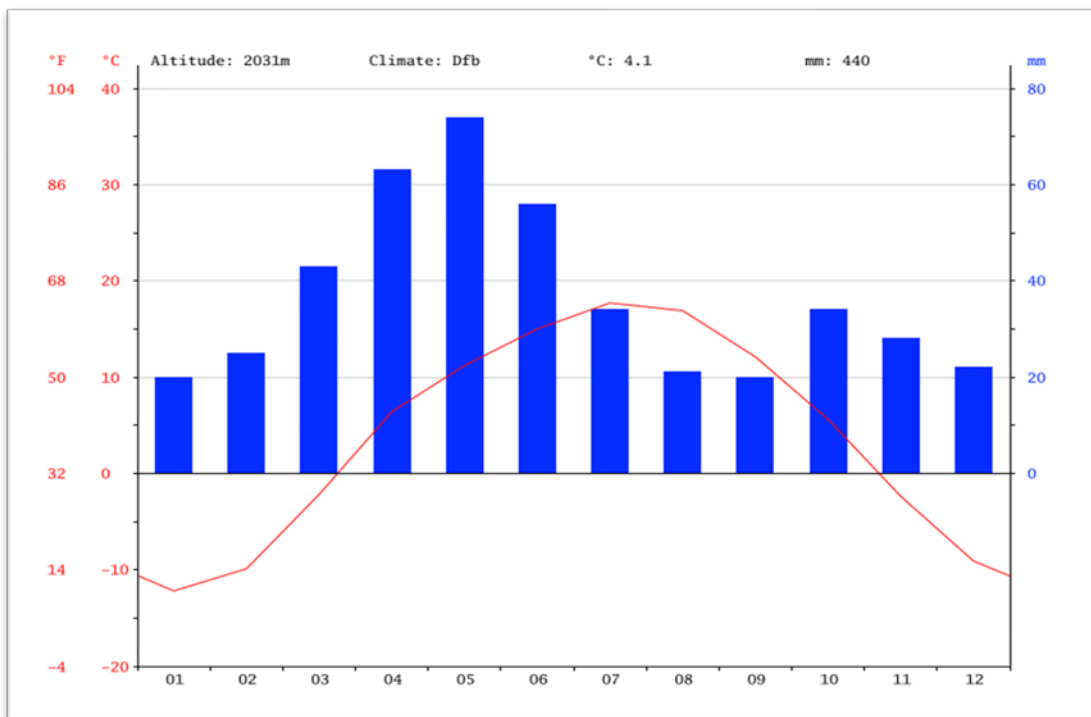


Рисунок 1.3.3 - Климатический график (источник: Электронный ресурс).

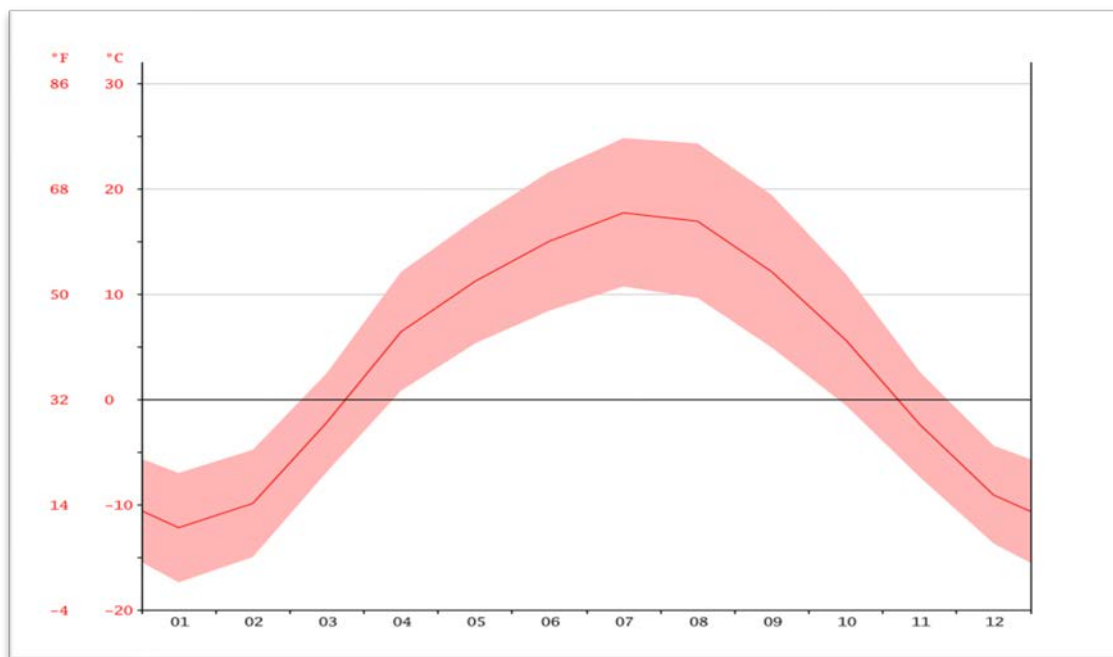


Рисунок 1.3.4 - График температуры (источник: Электронный ресурс).

Таблица 1.3.1 - Среднемесячная и годовая скорость ветра, м/с

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср.год
1,4	1,6	1,7	2,0	2,0	1,6	1,4	1,4	1,6	1,6	1,7	1,4	1,6

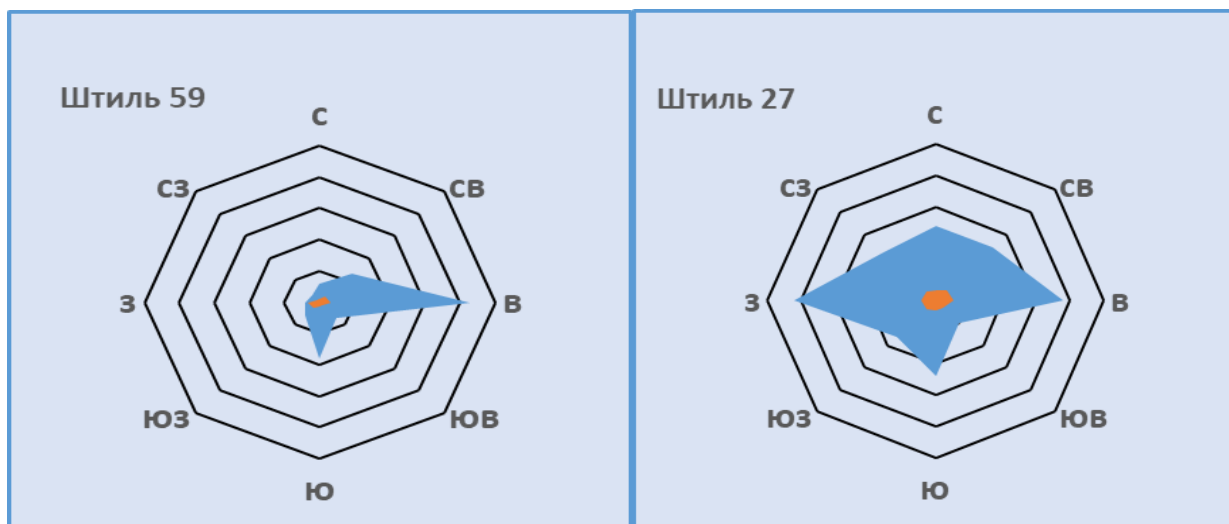


Рисунок 1.3.5 - Розы ветров за характерные месяцы холодного и тёплого периодов года (источник: электронный ресурс)

Гидрология. В Кавакских горах протекает большое количество рек. Главными из них являются р. Кокомерен (один из крупных притоков р. Нарын) и ее левый приток р. Мин-Куш (центральная часть Кавакского бассейна).

С северного склона хребта Молдо-Тоо в Мин-Куш впадают реки Мин-Бугу, Туюк-Суу, Кызыл-Суек, Донгуроме и другие, с южных склонов хр. Северный Кавак-Тоо – реки Кереге-Таш, Агулак, Кашка-Суу и др. По ур. Кара-Киче протекают реки Кара-Киче, Бозайгыр и Токсон-Теке [146].

Режим всех названных выше рек является типичным для горных рек Киргизии. Они питаются в весенне-летнее время в основном за счет ледников и снежников, а в зимний период – подземных вод. Максимальные расходы воды здесь наблюдаются в мае, иногда в июне, т.е. в периоды наиболее повышенных температур воздуха, вызывающих интенсивное таяние снега в горах и обильное выпадение дождей. Минимальные расходы воды колеблются от 0,2 до 2 м³/сек.

Расход воды р. Кокомерен, протекающей на западе Джумгальского районе, колеблется от 13,8 до 346 м³/сек, а среднегодовой расход равен 50-70 м³/сек. Наблюдавшийся максимальный расход в р. Мин-Куш не превышал 3 м³/сек.

Растительность. Флора на территории и вблизи бывшего уранового рудника «Мин-Куш» разнообразна.

Здесь выявлено свыше 200 видов цветковых растений. Видовой состав древесных растений составляет 9 видов. Травянистые растения многочисленны 176 видов, кустарников 20 видов. Встречающиеся виды растительности: Ель Шренка, тополь таласский, тополь афганский, ива Недзвецкого, вяз низкий, барбарис круглоплодный, Облепиха туркестанская, абелия щитковидная, скабиоза джунгарская, можжевельник полушаровидный, клён Семенова, карагана оранжевая, Шиповник Альберта, боярышник кровавокрасный, вишня тяньшанская, кизильник черноплодный, пырей гребенчатый, пырей ползучий, костер безостый, полынь горькая, полынь эстрагон, полынь обыкновенная, клевер луговой, люцерна серповидная, донник лекарственный, Ежа сборная, Овсец пустынный, тимофеевка степная, мятлик луковичный, ковыль волосатик, ковыль киргизский, Осока туркестанская, Тюльпан четырехлистный, лук тяньшанский, ирис солелюбивый, василек русский, бодяк полевой, Одуванчик лекарственный, мать-и-мачеха обыкновенная, жимолость мелколистная, душица обыкновенная, вьюнок полевой, морковь обыкновенная, солодка голая, астрагал алатавский, астрагал альпийский и.т.д [68,141].

По литературным данным (Флора Киргизской ССР тт. I–XI 1950–1965; Лазьков, Султанова, 2014), а также при исполнении геоботанических работ вблизи территории бывшего уранового рудника «Мин-Куш», были зафиксированы эндемичные виды растений Кыргызстана: *Tulipa tetraphylla Regel* - Төрт жалбырактуу мандалак - Тюльпан четырехлистный. Популяции данного вида зафиксированы среди степной растительности, а также среди

зарослей кустарников, в буферной зоне, вблизи хвостохранилища «Талды-Булак».

Долины рек и ручьев (Кокомерен, Минкуш, Донгурме, Ак-Куль, Туюк, Токсон-Теке и др.) покрыты древесно – кустарниковой растительностью (преимущественно березой, рябиной, тополем, барбарисом, смородиной, многочисленными разновидностями жимолости и др.).

Залесенность территории незначительная. Тянь-Шаньская ель в изобилии произрастает главным образом на северных склонах хребта Молдо-Тоо с нижней границы распространения на высотах 2500-2800 м.

Леса в Кавакских горах имеют большое водоохранное и противозерозионное значение. На склонах гор широко развиты альпийские луга.

Почва. Согласно “Систематического списка почв Кыргызской Республики” (Мамытов А.М, Воронов С.И и др. 1995) и Атласа Киргизской ССР (том 1, Москва, 1978) на обследованной территории распространены следующие типы почв: *горные темно-каштановые почвы и горные лугово-степные субальпийские почвы.*

Горные каштановые почвы в Киргизии развиты довольно широко и приурочены к среднему и нижнему поясу сухостепной зоны горных хребтов Тянь-Шаня. Почвы в большинстве случаев маломощные, по механическому составу щебнисто-суглинистые и каменисто-суглинистые, выражена эродированность.

Климатические условия зоны распространения этих почв характеризуются большой сухостью лета и высокой континентальностью. Сумма осадков – около 250-350 мм в год. Максимальное количество их приурочено к весеннему и ранее-летнему периоду. Зима холодная и отличается относительно устойчивым снеговым покровом. В силу этого процессы почвообразования протекают, главным образом, в весенне-летний теплый сезон года.

Рельеф зоны распространения каштановых почв представлен слабо сглаженными, в различной степени эродированными среднегорными и низкогорными склонами, изрезанными многочисленными руслами речек,

вытекающих из ущелий горных хребтов. Почвообразующими породами являются пролювиально-деллювиальные или аллювиально-деллювиальные хрящеватые суглинки, подстилаемые с небольшой глубины слабо выветрившимися грубообломочными породами различного генезиса.

Горные каштановые почвы существенно отличаются от своих аналогов, развитых в равнинных условиях, малой мощностью почвенного профиля, скелетностью, подверженностью процессам смыва, а в некоторых случаях содержат небольшое количество легкорастворимых солей.

Выходы каменистых пород имеют широкое распространение в высокогорной, отчасти среднегорной зонах. Представлены они разнообразными, но преимущественно известковыми породами, меньше – сланцами и песчаниками и очень редко – изверженными породами (граниты и другие [68, 87, 88, 90]).

Эти почвы имеют довольно широкий ареал распространения на склонах горных сооружений Тянь-Шаня и формируются под ковыльно-типчаковой степью со значительным участием разнотравья. Почвообразующими породами служат неоднородные пролювиально-деллювиальные, хрящевато-щебнистые суглинки. Используются как сенокосы и в качестве весенне-осенних пастбищ. [65, 68, 87, 88, 90].

Морфологически горные темно-каштановые почвы характеризуются следующими особенностями:

- задернованностью верхней части гумусового горизонта, бурой, темно-бурой или буровато-темно-серой окраской;
- мелко-зернистой, зернисто-комковатой структурой гумусово-аккумулятивных горизонтов;
- поддерновый горизонт окрашен в серовато-бурый цвет и отличается комковатой структурой, ясно прослеживаемыми следами деятельности почвенной фауны;

- Средняя часть почвенного профиля отличается некоторой уплотненностью и за счет накопления карбонатов имеет буровато-палево-серый цвет.

Горные лугово-степные субальпийские почвы. В пределах субальпийского пояса широко распространены горные лугово – степные, горные – луговые и лугово-черноземовидные почвы, которые формируются в основном в высокогорьях Центрального Тянь-Шаня, Северной и Южной Киргизии на высотах 2500-3500 м [65, 68, 87, 88, 90].

Климат этого пояса – холодный, с отрицательной среднегодовой температурой воздуха. В теплый период года она колеблется от 5 до 10° С. Среднегодовая сумма атмосферных осадков составляет 400-500 мм.

Горные лугово-степные субальпийские почвы формируются под субальпийскими лугостепями на делювии и элювии коренных пород – гранитов, сланцев, известняков и песчаников [65, 68, 87, 88, 90].

Субальпийские лугово-степные почвы на исследуемой территории местами сильно-щебнисто-суглинистые. На поверхности почв часто разбросана щебенка. В силу легкого механического состава развиты процессы эрозии, что является характерной особенностью почвенного покрова и этого района [27].

Эти почвы приурочены к горным склонам п. Мин-Куш.

Морфологически горные лугово-степные субальпийские характеризуются:

- Серо-бурой или буровато-темно-серой окраской гумусового горизонта;
- плотное задернение поверхностного горизонта за счет корневой системы;
- Комковато-зернистой структурой;
- скелетность, с глубины 20 (25) см встречается дресва, хрящ, в нижней части почвенного профиля их количество увеличивается;
- По механическому составу эти почвы очень разнообразны от – легко – до тяжелосуглинистого, часто каменистые.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Объекты эколого-биогеохимических исследований

Известно, что задача количественного химического анализа состоит в определении содержания тех или иных элементов в анализируемом материале. При аналитическом исследовании выполняется ряд последовательных равнозначных операций, в результате чего получают достоверные данные по качественному и количественному составу материала. Любое аналитическое определение включает четыре этапа:

1) пробоотбор;

2) пробоподготовка;

3) собственно химический анализ (измерение аналитического сигнала, как функции содержания в пробе интересующих компонентов); 4) статистическая обработка результатов анализа. При этом этап пробоподготовки делится на две стадии. Целью первой предварительной стадии является получение пробы определенной массы и гранулометрического состава. Основные операции на этой стадии – измельчение пробы и ее сокращение. Целью второй, окончательной стадии пробоподготовки является перевод пробы в такое состояние, которое требуется для анализа при помощи аналитического прибора. Операции на этой стадии – вскрытие пробы, разделение и концентрирование компонентов [13, 55, 57, 77].

Объектом исследования являются почва. Предметом исследования послужили физико-химические свойства почвенного покрова, микроэлементы и радионуклиды в почве, эколого-биогеохимическое состояние почвенного покрова урановой природно-техногенной провинции Мин-Куш.

Исследования проводились в течение ряда лет с 2012 по 2019 гг.

Методологической базой для проведения экспедиционных работ послужил сравнительно-географический метод. При полевом почвенном обследовании была использована классификация почв, принятая при составлении почвенной карты Киргизской ССР. Отбор, подготовка образцов почв осуществлялись в

соответствии с общепринятыми методиками (Аринушкина Е.В., 1970), «Практическое руководство почвоведу для составления почвенных карт, картограмм и написания очерков с учетом ландшафтно-геохимических и метеорологических условий», 2006).

С учетом ландшафтно-биогеохимических и природно-климатических особенностей урановой природно-техногенной провинции Мин-Куш для проведения общего агрохимического анализа, содержания микроэлементов и радионуклидов производился отбор проб почв из общих 12 участков (в том числе почвенных разрезов), охватывающих природные и техногенные территории.

Для этих целей было отобрано и проанализировано всего 256 почвенных образцов. Места отбора проб почв представлены на рисунке 2.1.6 и в таблице 2.1.2.

Таблица 2.1.2 - Точки отбора почвенных проб

№ Точек	Место отбора проб почв	Координаты	
		N	E
1	Выше хв-ща «Туюк-Суу»	41°39'342´	074°28' 233´
2	Район хв-ща «Туюк-Суу»	41°39'529´	074°28'060´
3	Район штольни в жил. площадке №17	41°40'876´	074°26'919´
4	Район штольни в жил. площадки №21	41°41'302´	074°28'483´
5	Район «Нижний Ак-Улак»	41°41'319´	074°30' 201´
6	Район старых отвалов (рудные склады)	41°41'133´	074°29' 235´
7	Район хв-ща «Талды-Булак»	41°40'922´	074°23'734´
8	Район хв-ща «Дальний»	41°41'160´	074°21' 792´
9	Район хв-ща «Как»	41°41'054´	074°22' 527´
10	Район старого обогатительного комбината	41°40'199´	074°28' 316´
11	Район «Дальний Мин-Куш»	41°41'133´	074°29' 235´
12	Район моста, 2 км ниже п. Мин-Куш	41°40'922´	074°23'734´



Рисунок 2.1.6 - Точки отбора проб почв

При отборе проб почв каждую пробу помещали в полиэтиленовый мешок и прикрепляли этикетку с указанием названия пробы, места и даты [Фото 2.1.3 а, б].



Фото 2.1.3 а, б - Отбор проб почв и подготовка их к агрохимическим анализам

Следующие виды анализов были проведены в почвенной лаборатории Республиканской почвенно-агрохимической станции при Министерства сельского и водного хозяйства КР:

- Общий гумус – по методу Тюрину и Кононовой (в модификации Симакова);
- Определение валового азота – методом Кьельдаля;
- Определение валового фосфора – по методу Гинзбурга;
- Определение валового калия – методом Смита;
- Определение рН на рН метре.

Названия и типы почв устанавливались согласно работы “Систематический список почв Кыргызской Республики” (Мамытов А.М, Воронов С. И и др. 1995) и Атласа Киргизской ССР, том 1, Москва. 1978).

При определении степени каменистости почв использовалась соответствующая градация, принятая в Кыргызстане:

- слабокаменистые – поверхность почвы покрыта камнями до 10%;
- среднекаменистые – 10-20%;

- сильнокаменистые – 20-40%;
- очень сильнокаменистые – 40%.

По мощности мелкоземистого слоя:

- маломощные – до 50 см;
- среднеспособные – 50-100 см;
- мощные – выше 100 см.

Качественная оценка почв проводилась согласно «Методических указаний по бонитировке почв Кыргызской Республики (г. Бишкек, 1994г), согласно которой выделены классы почв:

- лучшие – 80-100 баллов;
- хорошие – 60-80 баллов;
- средние – 40-60 баллов;
- ниже среднего – 20-40 баллов;
- худшие – 20 и ниже баллов;

Радио-биогеохимические особенности радионуклидов и микроэлементов оценивали с применением общепринятых в биологии, радиоэкологии, экологии и биогеохимии методов. Отбор почвенных образцов для определения микроэлементов и радионуклидов в почве проводили с учетом ландшафтно-геохимических и метеорологических условий методом «конверта», в соответствии со стандартами, учитывающими структуру почвы, неоднородность почвенного покрова, рельеф местности и местный климат, а также особенности загрязняющих веществ или организмов. Почвенные образцы отбирались в зависимости от генетического горизонта.

Наиболее распространенным методом отбора объединенной пробы почвы является метод конверта. Они должны быть расположены так, чтобы, мысленно соединенные прямыми линиями, давали рисунок запечатанного конверта (длина сторон квадрата должна составлять не менее 10*10 м). Проба отбирается путем смешивания точечных проб, отобранных на одной площадке. Точечные пробы отбирают на площадке из одного или нескольких слоев, таким расчетом,

чтобы каждая проба представляла собой часть почвы, типичной для слоев данного типа почв. Для анализа объединенную пробу составляют не менее, чем из 5-ти точечных проб, взятой с одной площадки. Средние пробы перемешивали и помещали в полиэтиленовый мешок и прикрепляли этикетку с указанием названия пробы, места и даты. Из каждой точки отбирали около 200 г почвы, вес объединенной пробы составлял около 1 кг (ГОСТ 17.4.3.01-83). Почвенный образец, взятый из одной точки, тщательно перемешивался и из него отбиралась средняя проба. Смешанный образец подвергался квартованию, после чего высушивался до воздушно-сухого состояния и хранился в бумажных пакетиках с этикетками с указанием названия пробы, места и даты [Фото 2.1.4].



Фото 2.1.4 а, б - Подготовка почвенных образцов для определения микроэлементов и радионуклидного состава

2.2. Методы измерений экспозиционной дозы

Для проведения гамма-съёмки местности использовался дозиметр-радиометр ДКС-96 лаборатории биогеохимии и радиоэкологии Института биологии НАН КР. Дозиметр-радиометр ДКС-96 широко применяется в дозиметрии и радиометрии [Фото 2.1.5 а, б]. Он обеспечивает оперативное измерение основных величин, характеризующих радиационную обстановку и

проведение работ по поиску источников ионизирующих излучений. Измерения экспозиционной дозы γ -излучения 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, в одной точке проводилось не менее трех измерений. По итогам работы определяли среднеарифметические значения и записывался в полевой журнал [60, 64, 59].



Фото 2.1.5 а, б - Работа с измерительным прибором «ДКС-96»

Измерения мощности экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения на территории урановых природно-техногенных провинций Мин-Куш были проведены с методической разработки совместных полевых исследований, определения географического положения местности, измерения радиоактивности техногенных объектов и их окрестности. При замере были выбраны техногенные объекты как: хвостохранилища, старые штольни, отвалы, территория бывшего обогатительного комбината и.т.д (Таблица 2.1.3).

Таблица 2.1.3 - Координаты района замеров радиационного фона

№ точек	Местоположение	Высота над ур. моря	Координаты	
			Н	Е
1	с.Кок-Ой (фоновая точка)	1562 м	41°52'828'	074°25'412'

2	Выше 100м от хвост. «Туюк-Суу»	2125м	41°39'188'	074°28'141'
3	Хвост. «Туюк-Суу»	2120 м	41°39'302'	074°28'073'
4	Ниже 120м от хвост. «Туюк-Суу»	2024 м	41°39'395'	074°28'016'
5	Ниже 2 км от п. Мин-Куш	2021 м	41°41'027'	074°25'166'
6	Выше 100м от хвост. «Талды-Булак»	1970 м	41°40'578'	074°25'508'
7	Тело хвост. «Талды-Булак»	1947 м	41°40'572'	074°23'429'
8	Ниже 80м от хвост. «Талды-Булак»	1905 м	41°41'009'	074°23'314'
9	Выше 100м от хвост. «Как»	2038 м	41°40'537'	074°21'423
10	Тело хвост. «Как»	2016 м	41°41'036'	074°21'486'
11	Ниже 90м от хвост. «Как»	2030 м	41°41'136'	074°21'592'
12	Выше 100м от хвост. «Дальний»	1972 м	41°40'573'	074°22'255'
13	Тело хвост. «Дальний»	1934 м	41°41'063'	074°22'280'
14	Ниже 90м от хвост. «Дальний»	1925 м	41°41'143'	074°22'286'
15	Район штольни на площадке 17	2114 м	41°40'536'	074°26'511'
16	Район штольни на площадке 21	2450 м	41°41'208'	074°28'298'
17	Территория бывшего обогат. комбината	2047 м	41°40'176'	074°28'142'
18	Отвалы	2640 м	41°41'502'	074°28'394'

Также, в период с 27 по 31 мая 2013 г совместно с экспертами МАГАТЭ с целью оценки текущего состояния и проведения гамма-дозиметрической съемки на территории хвостохранилищ и зонах их влияния, проводилось измерение портативными гамма-дозиметрическими приборами для картирования радиоактивно-загрязненных территорий.

В течение подготовительного периода были разработаны планы радиометрической съемки совместно с сотрудниками Зейберсдорфской

аналитической лаборатории МАГАТЭ и Института биологии НАН КР. Для проведения радиометрической съемки использовались следующие инструменты (а также, связанные с ними GPS устройства и системы сбора данных):

- Pico Envirotec портативные системы для измерения эквивалентной дозы гамма-облучения на основе счетчика энергий Гейгера Мюллера, охватывающий широкий спектр измерений, от 50 nSv/ч до 400 мЗв/ч GEDR.

- Pico Envirotec Model PGIS-21 портативный гамма-спектрометр с сцинтилляционным (NaI) детектором и системой обработки данных на базе Android.

- Термолюминесцентный гамма радиометр «Rad Eye» модели В-20 многоцелевого назначения со счетчиком Гейгера-Мюллера (GM).

Термолюминесцентный портативный анализатор, который связан с внешним устройством GPS, позволяет определять присутствие трассерных концентраций некоторых металлов и других токсичных элементов, включая уран в почвах и донных отложениях (Фото 2.1.6 а, б, в, г).





Фото 2.1.6 а, б, в, г - Проведения гамма-дозиметрической съемки на портативных приборах

2.3. Определение микроэлементов в почвах методом атомно-абсорбционного анализа

Определение микроэлементов в пробах почвы было проведено в лаборатории биогеохимии и радиоэкологии Института биологии НАН КР на атомно-абсорбционном спектрометре «МГА-915» (рисунок 2.3.7), а часть проб анализировали в Центральной лаборатории Государственного агентства по геологии и минеральным ресурсам при правительстве КР.

В экологическом мониторинге загрязнения объектов окружающей среды тяжелыми металлами атомно-абсорбционный метод стал одним из основных. Он обладает целым рядом достоинств: чувствительностью, избирательностью, хорошей воспроизводимостью результатов и простотой выполнения работы [15].

Атомно-абсорбционный метод основан на использовании свободных атомов определенных элементов, способных селективно поглощать резонансное излучение определенной для каждого элемента длины волны [21, 121].



Рис. 2.3.7 - Атомно-абсорбционный спектрометр - МГА-915

Источником излучения для анализируемого элемента в нем являются специальные лампы с полым катодом или высокочастотные лампы. В графитовой кювете под действием высоких температур происходит испарение раствора, подаваемого в виде аэрозоля, при этом растворенная проба испаряется, идет термическая диссоциация молекул и образование свободных атомов [5].

Они способны поглощать излучение внешнего стандартного источника света, переходя при этом из нижнего (невозбужденного) энергетического состояния в верхнее (возбужденное).

Подготовка пробы. Для определения микроэлементов на атомно-абсорбционном спектрометре «МГА-915» и спектрального анализа проводили предварительно пробоподготовку образцов почв.

Первичная подготовка проб почв к анализу проводится по ГОСТ 17.4.4.02-84. Для определения пробу почвы в лаборатории рассыпают на бумаге или кальке, разминают пестиком крупные комки. Затем выбирают включения – корни растений, насекомых, камни, стекло, уголь, кости животных, а также новообразования – друзы гипса, известковые журавчики и др. Почву растирают

в ступке пестиком и просеивают через сито с диаметром отверстий 1 мм. Отобранные новообразования анализируют отдельно, навеску пробы 0,1-0,5 г помещают в коническую термостойкую колбу вместимостью 100 см³ раствора азотной кислоты молярной концентрации 5 моль/дм³ и тщательно перемешивают. Колбу закрывают стеклянной воронкой и помещают в кипящую водяную баню на 3 часа. Каждый час пробу перемешивают [44]. После остывания раствор фильтруют через фильтр «красная» или «белая лента» в мерную колбу вместимостью 50 см³, промывая пробу на фильтре и в исходной колбе бидистиллированной водой (приблизительно 30 см³). Полученный фильтрат доводят до метки бидистиллированной водой. В полученном растворе («кислотном экстракте») определяют содержание элементов.

2.4. Определение радионуклидного состава методом гамма-спектрометрии

Анализы по определению радионуклидного состава почв были выполнены в лаборатории биогеохимии и радиоэкологии института Биологии НАН КР. Для определения радионуклидного состава был использован гамма-спектрометрический метод, основанный на измерении гамма-излучения исследуемых образцов почв и растений.

Гамма (γ)–спектрометрия – один из наиболее широко применяемых методов качественного и количественного определения γ -излучающих радионуклидов природного и техногенного происхождения. Подготовка пробы сводится лишь к взвешиванию измеряемого образца, его гомогенизации и размещению в сосуде определенной геометрической формы [30, 122].

На фото 2.4.7 а, б показан *Гамма – спектрометр “Canberra”* (модель GX4019 с программным обеспечением Genie-2000 S 502, S501 RUS).



а) внешний вид



б) детектор в защите

Фото 2.4.7 - Гамма-спектрометр в радиологической лаборатории БПИ НАН КР

В некоторых отношениях (γ)-спектрометрический метод является наиболее универсальным средством из всех радиоактивных методов. Важными характеристиками (γ)-квантов является их большая проникающая способность в веществе и однозначность идентификации энергии (γ)-квантов излучающего радионуклида. Обе характеристики приводят к высокой чувствительности обнаружения радионуклидов и поэтому позволяют определять следовые количества радионуклидов в чистых веществах, в водах различного происхождения, геологических, биологических образцах и других объектах окружающей среды [30, 102].

Широкодиапазонный и планарный детекторы обладают тонкими входными окнами, выполненными из слабо поглощающего мягкое гамма-излучение материала (бериллий и углеродный композит соответственно). Эта особенность позволяет эффективно определять радионуклиды по их относительно мягким гамма линиям – например, ^{210}Pb по линии 63,3 кэВ. Для спектрометрии γ -излучения радионуклидов уран-ториевых рядов применяемые детекторы должны обеспечить энергетический диапазон регистрации гамма-квантов от 25 до 3000 кэВ.

Подготовка пробы. Отобранные для анализа образцы почв рассчитаны на равномерное распределение радионуклидов по объему пробы, поэтому она

должна быть высушена, тщательно перемешана и измельчена до размера 1,5-2 мм в шаровой мельнице, и из полученного материала отбирается в пластиковую тару определенного объема. Объем заполнения измерительной кюветы должен соответствовать номинальному значению с погрешностью не более 10%. Масса пробы определяется взвешиванием с погрешностью не более 2%. С целью исключения возможного нарушения радиоактивного равновесия в цепочках распада исследуемые пробы герметизируют не менее чем за 2 недели до измерения. В качестве материала для герметизации можно использовать клей ПВА или тонкую вакуумную резину (Фото 2.4.8).



Фото 2.4.8 - Подготовка почвенных образцов к гамма-спектральному анализу

Измеренные спектры обрабатывались с помощью пакета программ для гамма-спектрометрического анализа, в который входила программа обработки сложных гамма и рентгеновских спектров, использующая алгоритм, основанный на нелинейном методе наименьших квадратов и аналитическом описании аппаратурной формы линии. Этот метод обеспечивает минимально возможную погрешность в определении площади типа полного поглощения, следовательно, максимальную чувствительность анализа. Другая программа указанного пакета позволяла рассчитывать абсолютную эффективность регистрации гамма-излучения в зависимости от геометрических размеров и материала образца детектора и возможных поглотителей между ними.

Рассчитывались активности радионуклидов из трех естественных радиоактивных рядов – урана, тория, радия и активности природного радионуклида ^{40}K [30].

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Результаты измерений радиационного фона на территории урановых природно-техногенных провинций Мин-Куш

Современное состояние промышленно-техногенных объектов. В этом регионе расположено 4 хвостохранилища с радиоактивными материалами – объемом 1,15 тыс. м³, площадью 196,5 тыс. м², а также, 4 горных отвала [62, 53, 49, 54].

Участок хвостохранилища «Туюк-Суу» расположен на расстоянии 1 км вверх по течению между реками Туюк-Суу и Мин-Куш в пределах главного бассейна реки Нарын-Сырдарья и находится вблизи с поселками, где нет санитарной зоны между местом участком и поселком. Хвостохранилище «Туюк-Суу» включает радиоактивные отходы, суммарный объем, которого составляет 640,000м³, из которых 450 000 м³ являются радиоактивными (включая скалы/пепел). Поверхность хвостохранилища «Туюк-Суу» при консервации в 1969-1971 гг. была покрыта слоем грунтов толщиной 0.2-07 м, состоящим в основном из суглинков и гравия (Фото3.1.9). За прошедшие годы на поверхности хранилища появилась растительность в виде трав и кустарников высотой до 1м, которые постепенно деградируют от систематического выпаса скота [113, 114].



Фото 3.1.9 - Общий вид хвостохранилища «Туюк-Суу»

Участок «Талды-Булак» расположен на расстоянии 12 километров от поселка Мин-Куш и в настоящее время содержит суммарный ненужный объем 395 000 м³, охватывающих площадь в 3,35 гектаров (га). Тем временем, хвостохранилища «Дальний» и «Как», и находятся на расстоянии приблизительно 11 км от Мин-Куш, и в настоящее время общий объем отходов составляет 306 000 м³, площадь 13,1 га [62, 53, 49, 54] (Фото 3.1.10).



Фото 3.1.10 - Общий вид хвостохранилища «Талды-Булак»

Объем намывных отходов 395 тыс. м³, площадь 3,35 га. Пропуск паводковых и ливневых вод сая Талды-Булак осуществляется через водопропускную систему, проложенную под хвостохранилищем. Селеприёмник (Рис.3.5), расположенный в верхнем бьефе, периодически забивается наносами реки и селей. Разрушены ограждения и предупредительные знаки. В аварийном состоянии также находится система водоотвода паводков и селевых потоков, которую необходимо восстанавливать для предотвращения разрушения самого хвостохранилища. [113, 114, 131].

Хвостохранилища «Дальний» и «Как» расположены рядом одно от другого и на расстоянии 11 км от поселка Минкуш. Общий объем намывных хвостов 306 тыс. м³, площадь 13,1 га (Фото 3.1.11, 3.1.12).



Фото 3.1.11, 12 - Общий вид хвостохранилищ “Как” и “Дальний”

В настоящее время на поверхности хвостохранилищ имеются отдельные пониженные участки, где аккумулируются паводковые воды. Поверхность хвостохранилищ частично поросла травой и кустарниками.

Жители пос. Мин-Куш и домашние животные активно передвигаются по территории хвостохранилища и ведут интенсивную хозяйственную деятельность: добыча гипса и строительных материалов, выпас скота, сенокошение и т.п. [114]

А также, на территории п. Мин-Куш расположены старые штольни, отвалы и бывший комбинат по обогащению урановой руды (Фото 3.1. 13, 3.1.14).



Фото 3.1.13, 14 - Общий вид старого обогатительного комбината



Фото 3.1.15, 16 - Старые штольни на жилых площадках №17 и №21

В урановой природно-техногенной провинции Мин-Куш все техногенные объекты (хвостохранилища, отвалы, штольни, старый обогатительный комбинат) расположены выше 1900 м.

Основные полевой период с 2013 по 2018 на этой территории были проведены измерения мощности экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения и отдельные участки в 2020 год.

Результаты измерения показали, что на обследованной территории мощность экспозиционной дозы радиационного фона в самом поселке Мин-Куш и примыкающей к нему территории, составляет 20-35 мкр/час.

На техногенных участках она несколько превышает и составляет от 55-65 мкр/час и локально 250-1200 мкр/час.

При замере мощности экспозиционной дозы (МЭД) на хвостохранилищах выбраны точки выше, ниже и на телах хвостохранилищ. Как показывают данные, представленные в табл. 3.2, мощность экспозиционной дозы на хвостохранилище «Туюк-Суу» и его окрестностях изменяется от 30 до 65 мкр/час, локально на теле хвостохранилища показывает 250-350 мкр/ч. На хвостохранилище «Талды-Булак» и его окрестностях колеблется от 25 до 55 мкр/час, а на теле хвостохранилища локально показывает 250-350 мкр/ч. На хвостохранилище «Как» и его окрестностях колеблется от 25 до 35 мкр/час, на теле хвостохранилища показывает 55-60 мкр/ч (Таблица 3.1.4).

Таблица 3.1.4 – Вариация экспозиционной дозы гамма- излучения

№	Местоположение	Высота н. ур. м.	Координаты	Экс. доза (на высоте 10 см от земли), мкр/ч
1	с. Кок-Ой (фоновая точка)	1562 м	N-41°52'828' E-074°25'412'	18-20 мкр/ч
2	Выше 100м от хвост. «Туюк-Суу»	2125м	N-41°39'188' E-074°28'141'	20-25 мкр/ч
3	Тело хвостохранилище «Туюк-Суу»	2120 м	N-41°39'302' E-074°28'073'	60-65 мкр/ч, локально 250-350 мкр/ч
4	Ниже 120м от хвост.«Туюк-Суу»	2024 м	N-41°39'395' E-074°28'016'	30-35 мкр/ч
5	Ниже 2 км от п. Мин-Куш	2021 м	N-41°41'027' E-074°25'166'	20-25 мкр/ч
6	Выше 100м от хвост. «Галды-Булак»	1970 м	N-41°40'578' E-074°25'508'	20-25 мкр/ч
7	Тело хвостохранилище «Галды-Булак»	1947 м	N-41°40'572' E-074°23'429'	50-55 мкр/ч, локально 250-350 мкр/ч
8	Ниже 80м от хвост. «Галды-Булак»	1905 м	N-41°41'009' E-074°23'314'	25-35 мкр/ч
9	Выше 100м от хвост.«Как»	3038 м	N-41°40'537' E-074°21'423	30-35 мкр/ч
10	Тело хвостохранилище «Как»	2016 м	N-41°41'036' E-074°21'486'	55-60 мкр/ч
11	Ниже 90м от хвост. «Как»	2030 м	N-41°41'136' E-074°21'592'	25-35 мкр/ч
12	Выше 100м от хвост. «Дальний»	1972 м	N-41°40'573' E-074°22'255'	30-35 мкр/ч
13	Тело хвостохранилище «Дальний»	1934 м	N-41°41'063' E-074°22'280'	60-65 мкр/ч локально до 1200 мкр/ч
14	Ниже 90м от хвост. «Дальний»	1925 м	N-41°41'143' E-074°22'286'	25-35 мкр/ч
15	Район штольни на площадке 17	2114 м	N-41°40'536' E-074°26'511'	30-35 мкр/ч
16	Район штольни на площадке 21	2450 м	N-41°41'208' E-074°28'298'	30-35 мкр/ч
17	Территория старого завода	2047 м	N-41°40'176' E-074°28'142'	55-65 мкр/ч

18	Отвалы	2640 м	N-41°41'502' E-074°28'394'	60-65 мкр/ч
----	--------	--------	-------------------------------	-------------

На хвостохранилища «Дальний» и его окрестностях колеблется от 30 до 35 мкр/час, на теле хвостохранилища локально показывает 300-1200 мкр/ч. Эти аномально высокие показатели на теле хвостохранилища «Дальний», видимо связано с разрушением защитного слоя на поверхности хвостохранилищ (Фото 3.1.17).



Фото 3.1.17 - Локальное разрушение защитного слоя на хвостохранилище «Дальний».

На территории жилых площадок №17, 21 расположены старые штольни. Мощность экспозиционной дозы на территории штольнях колеблется от 30 до 35 мкр/час. На территории старого обогатительного комбината показывает 40-45 мкр/час. В пределах обследованных отвалов горнорудной массы максимально зафиксированное значение МЭД составляет 60-65 мкр/час. Причиной превышения естественного фона величины МЭД видимо связано с содержанием рудного материала в этих отвалах. Установлено, что повышенный радиационный фон формируется за счет гамма-излучения естественных радионуклидов и распространен на территории хвостохранилищ.

В период с 27 по 31 мая 2013 была проведена первая миссия экспертов МАГАТЭ совместно местными специалистами с целью оценки текущего состояния и проведения гамма дозиметрической съемки на территории хвостохранилищ и зонах их влияния. Одновременно проводилось измерение портативными гамма-дозиметрическими приборами для картирования радиоактивно-загрязненных территорий. В течение подготовительного периода были разработаны планы радиометрической съемки совместно с сотрудниками Зейберсдорфской аналитической лаборатории МАГАТЭ и БПИ НАН КР [66].

Измерения проводились на полупроводниковых детекторах гамма-спектрометра GX4019 с программным обеспечением Genie-2000 S 502, S501 RUS. Рабочий диапазон энергии детектора 50кэВ до 3 МэВ.

Предполагалось, что бурение скважин и отбор проб помогут оценить текущее состояние существующего покрытия, а также геохимические условия хвостовых материалов в Туюк-Суу. Проводилось комплексное обследование исследуемых территорий, согласно методологии радиоэкологического и радиобиогеохимического изучения различных таксонов биосферы.

Анализ архивных данных показал, что геология площадки довольно хорошо изучена, в то время как достоверных данных о состоянии загрязнения окружающей среды в районе влияния хвостохранилища было крайне мало. Поэтому в рамках запланированных миссий было решено, не только выполнить гамма-дозиметрические съемки и обследовать состояние площадок визуально, но также отобрать (там, где это возможно) пробы окружающей среды для дальнейшего изучения их в лаборатории и провести избирательно оценки состояния хвостового материала в теле хвостохранилища «Туюк-Суу».

Характерной особенностью данного объекта есть и то, что в п. Мин-Куш, люди используют поверхности хвостохранилища в качестве пастбищ для домашних животных. Данное обстоятельство требует провести анализ состояния загрязнения грунтов покрытия, травы, а также молока и мяса животных, которые регулярно выпасаются на хвостохранилищах и пьют воду из дренажей бывших урановых объектов, на предмет возможного загрязнения.

Для участков домашних подворий, где использовались грунты с поверхности хвостохранилищ или там, где выращиваются овощи с использованием загрязненных вод, разумно провести скрининговый анализ, а возможно необходимо проводить регулярный мониторинг. Нередко местные жители проводят раскопки на поверхности хвостохранилищ с целью сбора металлолома (который был захоронен в теле хвостохранилищ по причине высокой загрязненности) с целью использования в домашнем хозяйстве или продажи. Это приводит также к нарушению целостности защитного покрытия. Поэтому такие случаи должны выявляться, в том числе по результатам регулярных гамма дозиметрических съемок.

Съемка выполнена на поверхности хвостохранилища двумя группами с одновременным использованием двух радиометрических приборов после проведенного оценка местности (Фото 3.1.18 а, б).



Фото 3.1.18 - Радиационно-дозиметрические съемки на хвостохранилище Туюк-Суу

В ходе съемки, после проведения отсчета в каждой конкретной точке и определения координат ее местоположения данные измерений выносились на подложку отображения местности с помощью глобальной системы

позиционирования «Google Earth Pro». Интерполяция данных измерений для создания карт с изображением поверхности распределения дозы была выполнена с использованием программы «Surfer 11».

Территория, на которой были проведены радиационно-дозиметрические съемки в период экспертной миссии, показано на рисунке 3.1.8.

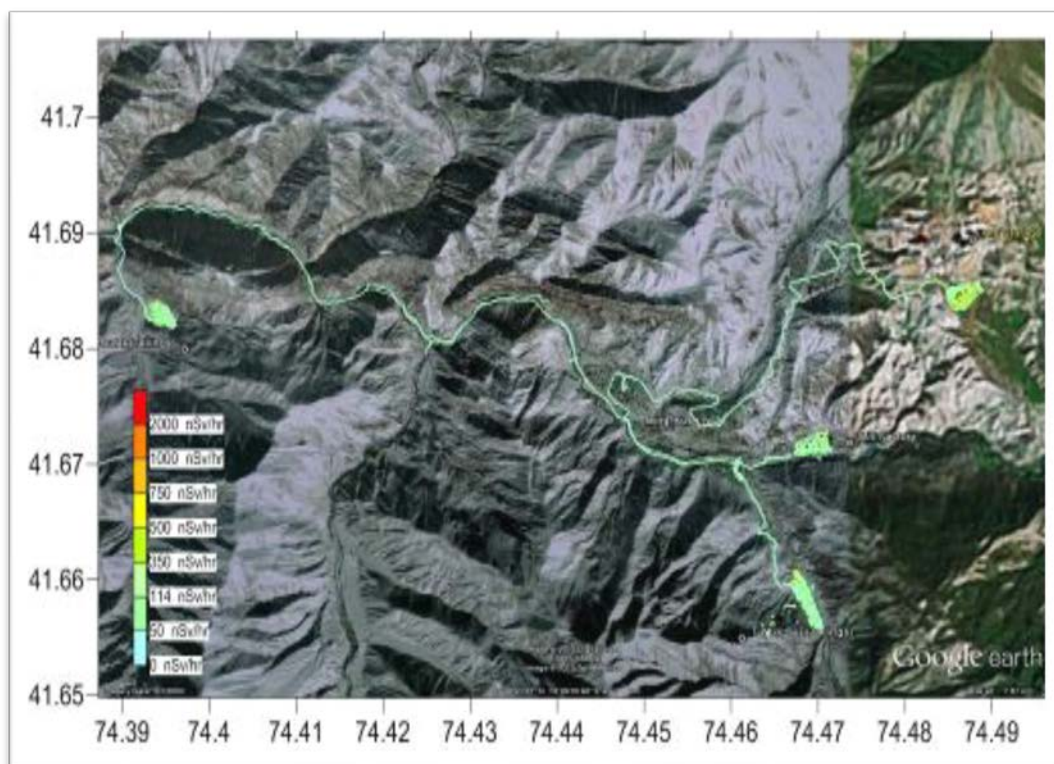


Рисунок 3.1.8 - Общий вид территории (зоны расположения хвостохранилищ и жилых кварталов поселка Мин-Куш), где проводились радиационно-дозиметрические съемки.

На восток от бывших урановых шахт расположены участки, где ранее складировались отходы, перед тем как быть перевезенными на хвостохранилище, а также места складирования сырья и рудных материалов. Эксперты выполнили съемку данных участков по той же процедуре, как и на поверхности хвостохранилища. Результаты интерполяции данных гамма-съемки в показателях МЭД (мощности экспозиционной дозы) на участке площадью 5,7 га бывшего рудного двора приведены на рисунке 3.1.9.

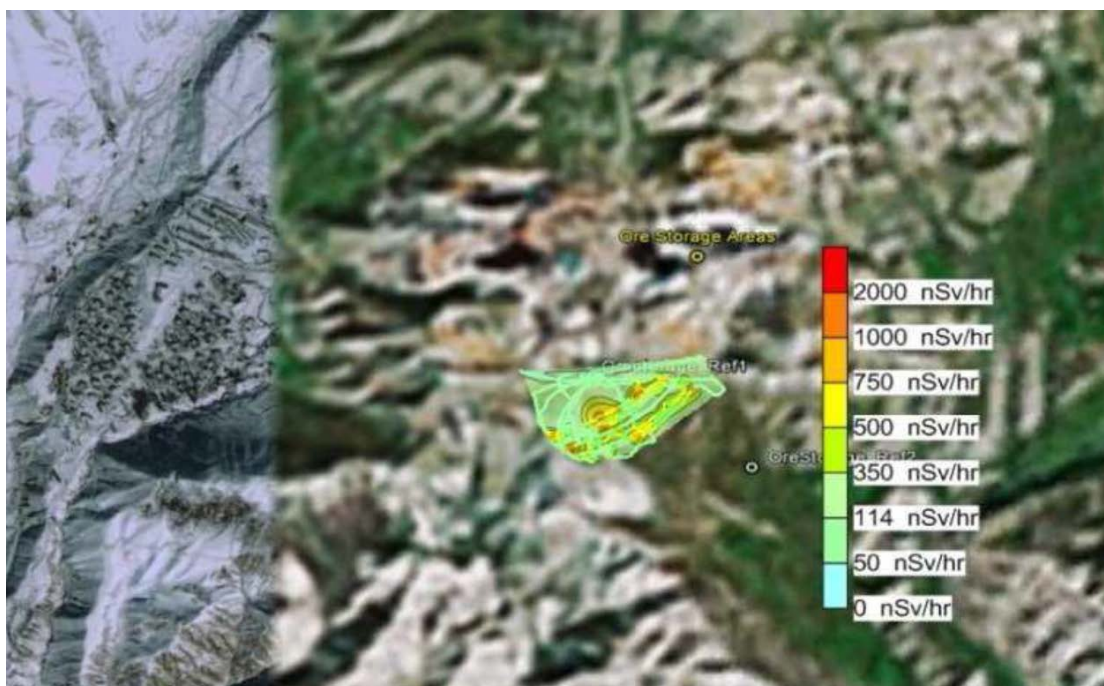


Рисунок 3.1.9 - Пространственное распределение МЭД гамма-облучения на участке расположения бывшего рудного двора уранового производства в п. Минкуш.

Территория бывшего гидрометаллургического завода открыта для доступа местного населения. На этой территории после демонтажа оборудования большая часть металлов была вывезена, наиболее загрязненные фрагменты оборудования завода были захоронены в теле хвостохранилища Туюк-Суу. В целом территория завода была дезактивирована путем демонтажа наиболее загрязненных зданий и снятия верхнего слоя грунта. Тем не менее, на данной территории сохранились небольшие участки с МЭД до 800 нЗв/час. Такие участки, как правило, связаны с местами складирования рудных материалов.

В ходе замеров гаммы-дозы, наибольшие уровни отмечались в раскопках с открытым доступом к хвостовому материалу (до 1,6 мЗв/ч). На некоторых фрагментах металла, который был частично извлечен ранее из тела хвостохранилища, были обнаружены уровни МЭД 10 мЗв/ч и выше.

Средний уровень гамма-излучения на горных отвалах является относительно невысоким – около 230-235 нЗв/ч. Имеется очаги, уровень излучения в которых достигает 2400 нЗв/ч. Естественный гамма-фон в п. Мин-

Куш составляет в пределах 100-200 нЗв/ч. Значение выше 200 нЗв/ч указывают на зоны выклинивания угольных образований, связанных с урановой минерализацией.

Ниже приводится таблица 3.1.5 в которой даны типичные ограничения на облучение населения и персонала, используемые в практике радиационной защиты, а именно годовые лимиты доз облучения для населения (1 мЗв) и ограничения для различных условий (0,3 и 0,6 мЗв), а также для различных категорий работников (20 мЗв) и соответствующие значения референтного времени пребывания рядом с источниками облучения (8766 часов течение года) для населения и 2000 часов для типичной продолжительности рабочего времени за год для персонала.

Таблица 3.1.5 - Международные значения ограничений на дозы облучения

Annual Dose Limits and Background Values	Annual Dose		Dose Rate over 8766 hours		Dose Rate over 2000 hours	
	mSv/yr	Sv/yr	uSv/hr	nSv/hr	uSv/hr	nSv/hr
Public dose limit; single activity, over background [1]	0.30	3.0E-04	0.034	34	0.150	150
Public dose limit; exposures from NORM industries [2]	0.30	3.0E-04	0.034	34	0.150	150
Extremal terrestrial background; low end of typical range [3]	0.30	3.0E-04	0.034	34	0.150	150
Extremal terrestrial background; average [3]	0.48	4.8E-04	0.055	55	0.240	240
Extremal terrestrial background; high end of typical range [3]	0.60	6.0E-04	0.068	68	0.300	300
Dose limit (annual) for the general public [4]	1.00	1.0E-03	0.114	114	0.500	500
Dose limit (annual) for licensed workers [5]	20.00	2.0E-02	2.282	2282	10.00	10000

Результаты выполненной гамма-съемки показали, что существующее на сегодня покрытие на хвостохранилищах (за исключением локальных трещин) позволяет эффективно снижать мощность экспозиционной дозы гамма-облучения до уровня природного фона. Однако для этого следует следить за состоянием покрытия и не допускать повреждения его поверхности. В некоторых случаях толщина покрытия хвостохранилища не является достаточной, шурфы, которые остались после раскопов на хвостохранилище «Туюк-Суу» показали, что толщина покрытия составляет всего 30-40 см.

3.2. Физико-химический анализ почвенного покрова

Для отбора почвенных образцов и проведения физико-химического анализа почвенного покрова на территории урановой природно-техногенной провинции Мин-Куш, были заложены 10 почвенных разрезов:

1. Район хвостохранилища «Туюк-Суу» - MS-1;
2. Район хвостохранилища «Туюк-Суу» - MS-2;
3. Район штольни в районе жил. площадки №17- MS-3;
4. Район штольни в районе жил. площадки №21 - MS-4;
5. Район «Нижний Ак-Улак» - MS-5;
6. Район отвалов - MS-6;
7. Район хвостохранилища «Талды-Булак» - MS-7;
8. Район хвостохранилища «Дальний» - MS-8;
9. Район хвостохранилища «Как» - MS-9;
10. Район старого обогатительного комбината - MS-10;

Полевое обследование, описание почвенных профилей и агрохимические анализы показали, что почвенный покров представлен горными темно-каштановыми (Разрезы № 1, 2, 7, 8, 9) и горными лугово-степными субальпийскими почвами (Разрезы № 3, 4, 5, 6, 10).

Приведем морфологическое описание разреза горных темно-каштановых почв, на обследованном участке:

Левый берег реки “Туюк-Суу”, 50м к югу от хвостохранилища “Туюк-Суу”. Северо-восточная экспозиция. Абсолютная высота - 2104 м. Погода ясная, безветренная. Растительность – полынь, шимуур, лопух, одуванчик, костер, истод, и.т.д.

А_д 0 - 5 см, Темно-бурая, дернина из корней травянистой растительности, переход заметный, слабоувлажнен, встречаются камешки;

А 5-25см, Серовато-бурый, зернисто-комковатый, корней мало, переход заметный по цвету и плотности;

В 25-50см Серовато-бурый, зернисто-комковатый, корней мало, следы деятельности почвенной фауны, переход заметный по цвету и плотности, Карбонатные выделения в виде мелких точек и жилок;

ВС 50 -70 см, Буровато-палево-серый цвет, уплотненный, сухой, переход постепенный.

С 70 буровато-серый, плотный, сухой и ниже материнская порода (Фото 3.2.19 а, б).



Фото 3.2.19 а, б - Почвенные разрезы горных темно-каштановых почв

Горные лугово-степные субальпийские почвы формируются под субальпийскими лугостепями на делювии и элювии коренных пород – гранитов, сланцев, известняков и песчаников. Климатические условия в зоне

образования этих почв отличаются низкой среднегодовой температурой, коротким вегетационным периодом при среднегодовом количестве осадков 400-500 мм [88, 90].

Эти почвы приурочены к горным склонам п. Мин-Куш. Разрезы № 3, 4, 5, 6, 10.

Чтобы дать представление горной лугово-степной субальпийской почве, приведем описание одного из разреза, заложенного на обследованном участке:

Горная местность “Ак-Улак”. Северо-западная экспозиция. Абс.высота 2456 м. Координаты GPS: h - 2456, N-41°41,203' E-074°30, 201), Растительность : полынь, барбарис, шиповник, арча и.т.д;

А 0-20 см Цвет: темно-буро-серый, комковато-зернистый, плотное задернение поверхностного горизонта за счет корневой системы, переход заметный, увлажнен, каменистыми включениями;

В 20-40см, серовато-бурый, плотнее предыдущего горизонта, сухой, комковато-зернистый, супесь, граница неровная;

С 40 см серо-бурый, бесструктурный, плотный, ниже хрящ, камни, элювий-делювий коренных пород (Фото 3.2.20 а, б).



Фото 3.2.20 а, б - Почвенные разрезы горных лугово-степных субальпийских

Схема распространения почвенного покрова на обследованном участке

I. Точка №1: Район хвостохранилища «Туюк-Суу» (координаты GPS: N - 41°39, 342', E - 074°28, 233' h= 2104).

Почва: горная темно-каштановая, маломощная, среднекаменистая, среднесуглинистая, подстилаемая коренными породами с глубины 50-60см.

Точка заложена у подножия горного склона, на западной экспозиции. По почвенному профилю встречается дресва, щебень, обломки мелкого гранита, количество которого с глубиной увеличивается.

Растительность: полынь эстрагон, одуванчик, шимуур, мятлик, лопух костер кровельный, пастушья сумка, облепиха, шиповник, барбарис, истод, карагана и алтыгана. На теле хвостохранилища растут: полынь эстрагон и местами ива. Механический состав - среднесуглинистый. Реакция почвенной среды-слабощелочная.

II. Точка №2: район хвостохранилища «Туюк-Суу», правый берег р. Туюк-Суу, (координаты GPS: N- 41°39'529', E- 074°28'060'', h=2102 м).

Точка 2 заложена у подножия горного склона, на восточной экспозиции.

Растительность: полынь эстрагон, ковыль, барбарис, можжевельник, жимолость, шиповник Альберта, бузыльник;

Почва: горная темно-каштановая, маломощная, среднекаменистая, среднесуглинистая, подстилаемая коренными породами с глубины 50-60 см.

Реакция почвенной среды – нейтральная.

III. Точка №3, район штольни на территории жилой площадки №17, (координаты GPS: N- 41°40'876 E- 074°26'919', h = 2107).

Точка заложена у подножия горного склона, на северо-западной экспозиции, местность скалистая, следы водной эрозии.

Почва: горная лугово-степная, маломощная, сильнокаменистая, легкосуглинистая, подстилаемая коренными породами с глубины 30-40 см.

Растительность: полынь эстрагон, клевер ползучий, эфедра, таволга, бадяк.

IV. Точка №4 заложена у подножия горного склона, на северо-западной экспозиции, на территории штольни на 21-жилой площадке, (координаты GPS: N- 41°41'302' E- 074°28'483', h = 2431)

Почва: горная лугово-степная субальпийская почва, маломощная, среднекаменистая, среднесуглинистая, подстилаемая коренными породами с глубины 30- 40 см.

Растительность: полынь, кустарники.

Реакция почвенной среды - нейтральная.

V. Точка №5 заложена в районе Нижний Ак –Улак, вблизи рудничной площадки №3, на западной экспозиции. (Координаты: N- 41°41'319', E- 074°30'201', h=2456).

Почва: горная лугово-степная субальпийская, маломощная, тяжелосуглинистая.

Растительность: полынь, барбарис, шиповник, арча и.т.д.

Реакция почвенной среды – слабощелочная.

VI. Точка №6 заложена вблизи отвалов. Координаты GPS: N- 41°41'133, E- 074°29'235', h=2442

Почва: горная лугово-степная субальпийская, маломощная, среднекаменистая, среднесуглинистая.

Растительность: полынь, карагана, кустарники.

Реакция почвенной среды – слабощелочная.

VII. Точка №7 район хвостохранилища «Талды-Булак», заложена у подножия горного склона, на северо-западной экспозиции. Координаты GPS: N- 41°40'922', E- 074°23'734', h=1926

Почва: горная темно-каштановая, среднemocная, среднекаменистая, легкосуглинистая. Растительность: полынь, карагана, кустарники, деревья.

Реакция почвенной среды – нейтральная.

VIII. Точка №8 район хвостохранилища «Дальний», заложена у подножия горного склона, на северо-западной экспозиции, рядом угольный карьер. Координаты GPS: N- 41°41'160' E- 074°21'792', h=2018;

Почва: горная темно-каштановая, среднетощая, среднекаменистая, легкосуглинистая. Растительность: полынь, карагана, алтыгана, кустарники.

Реакция почвенной среды -слабощелочная.

IX. Точка №9 район хвостохранилища «Как», заложена у подножия горного склона, на северо-западной экспозиции. Координаты GPS: N-41°41'054E- 074°22' 527, h=1938;

Почва: горная темно-каштановая, маломощная, среднекаменистая, среднесуглинистая, подстилаемая коренными породами с глубины 50- 60 см.

Растительность: полынь, карагана, алтыгана. Реакция почвенной среды – слабощелочная.

X. Точка №10 район бывшего обогатительного комбината.

Почва: горная лугово-степная субальпийская, маломощная, среднекаменистая, среднесуглинистая. Растительность: полынь.

Реакция почвенной среды - слабощелочная.

Исследованные почвы отличаются щебенистостью, легко подвергаются эрозионным процессам.

Горные темно-каштановые почвы (разрезы MS-1, MS-2, MS-7, MS-8, MS-9). Содержание гумуса (таблице 3.2.6) следующее: в слое 0-25см колеблется в пределах – 2,23 - 6,17%; общего азота – 0,100 - 0,290%; фосфора – 0,080-0,145% и калия – 1,14-1,50%; реакция почвенного раствора от нейтральной до слабощелочной - PH в пределах – 7,30-8,45.

Горные лугово-степные субальпийские почвы (разрезы MS-3, MS-4, MS-5, MS-6, MS-10). Содержание гумуса в эти почвах (таб.3.2.6) следующее: в слое 0-25см колеблется в пределах – 2,08-6,17%; общего азота – 0,045-0,295%; фосфора – 0,080-0,190% и калия – 0,84-1,23%; реакция почвенного раствора от нейтральной до слабощелочной - PH в пределах – 7,30-8,55. Название почв по механическому составу дано с учетом содержания физической глины (частицы размером <0,01мм) по классификации Качинского.

Таблица 3.2.6 - Агрохимические показатели почвенных образцов

Шифр проб почв	Тип почв	Место отбора проб	Глуб., см	Гумус, %	pH	Общий N, %	Валовый P, %	Валовый K, %
MS-1	Горн.темн-каштановые	р/н хв. «Туюк-Суу»	0-25	3,0	8,20	0,120	0,140	1,50
MS-2	Горн.темн-каштановые	выше хв. «Туюк-Суу»	0-10	6,17	7,85	0,290	0,145	1,43
MS-3	Горн.лугов.с теп.субальп	р/н штольни №17	0-15	2,65	8,35	0,100	0,080	0,84
MS-4	Горн.лугов.с теп.субальп	р/н штольни №21	0-25	6,17	7,85	0,295	0,115	1,23
MS-5	Горн.лугов.с теп.субальп	р/н Нижний-Акулак	0-20	2,08	8,10	0,045	0,120	1,20
MS-6	Горн.лугов.с теп.субальп	р/н отвалов	0-25	2,39	8,55	0,095	0,090	1,11
MS-7	Горн.темн-кашт	р/н хв «Талды-Булак»	0-20	4,88	7,30	0,180	0,095	1,14
MS-8	Горн.темн-кашт	р/н хв. «Дальний»	0-20	2,23	8,45	0,100	0,080	1,17
MS-9	Горн.темн-кашт	р/н хв. «Как»	0-25	3,0	8,30	0,155	0,095	1,14
MS-10	Горн.лугов.с теп.субальп	р/н старого обогат.комбината	0-10	2,60	8,50	0,210	0,190	0,96

Результаты лабораторного анализа показали, что механический состав обследуемых горных темно-каштановых почв (точки MS-1, MS-2, MS-7, MS-8, MS-9) следующий (Таблица 3.2.7).

- содержание песка (1-0,05 мм) в пределах – 2,60-13,14%;
- крупной пыли (лессовидная фракция) 0,05-0,01мм в пределах 39,36-42,00%;
- сумма частиц размером <0,01мм в пределах – 39,60- 44,96%.

Таким образом, по механическому составу эти почвы являются средними лессовидными суглинками.

Таблица 3.2.7 - Механический и микроагрегатный состав почвенных образцов

№	Шифр проб	Глубина, см.	Содержание фракций % (размер частиц, мм)						Сумма частиц <0.01
			1.0-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001	
1	MS-1	0-25	2,60	11,17	39,36	33,72	6,80	4,44	44,96
2	MS-2	0-10	3,77	10,03	41,60	30,08	6,16	3,36	39,60
3	MS-3	0-15	16,85	21,83	32,64	15,44	9,84	4,56	29,84
4	MS-4	0-25	20,26	27,22	35,00	18,92	8,96	1,70	29,58
5	MS-5	0-20	17,45	26,81	34,32	17,96	6,00	2,24	26,20
6	MS-6	0-25	15,60	28,79	31,48	16,16	7,04	0,84	24,04
7	MS-7	0-20	4,42	12,38	43,48	35,00	4,56	2,72	43,28
8	MS-8	0-20	5,55	14,93	42,00	34,72	7,10	3,32	47,14
9	MS-9	0-25	3,46	13,14	40,36	31,36	6,76	4,12	43,04
10	M-10	0-10	18,60	24,18	36,21	14,80	8,56	3,56	26,92

По данным лабораторного анализа, механического состав обследуемых горных лугово-степные субальпийских почв (точки MS-3, MS-4, MS-5, MS-6, MS-10) следующий:

- содержание песка (1-0,05 мм) в пределах – 15,60-27,22%;
- крупной пыли (лессовидная фракция) 0,05-0,01мм в пределах 31,48-36,21%;
- сумма частиц размером <0,01 мм в пределах – 24,04-29,84%.

По данным механического и микроагрегатного состава, горные лугово-степные-субальпийские разнообразны, от легко до среднесуглинистых.

Качественное состояние почвенного покрова

Для определения качественного состояния почвенного покрова использованы «Методические указания по бонитировке почв Кыргызской Республики» (Мамытов, Воронов и др., 1994г.).

Качественная оценка почвенного плодородия дана в баллах, максимальную оценку в 100 баллов получили горные черноземы.

Выделены следующие классы почв:

- лучшие – 80-100 баллов;
- хорошие – 60-80 баллов;
- средние – 40-60 баллов;
- ниже средних – 20-40 баллов;
- плохие – менее 20 баллов.

Таблица 3.2.8 - Количественные параметры для оценки гумусового состояния почв (по Грициной Л. С., Орлову Д. С., 1978)

Признак	Уровень, Характеристика	Пределы
Содержание гумуса в минимальном профиле почвы% (0-20 см)	очень высокое	>10
	высокое	6-10
	среднее	4-6
	низкое	2-4
	очень низкое	<2
Запасы гумуса, т/га в слое 0-20 см	очень высокое	>200
	высокое	150-200
	среднее	100-150
	низкое	50-1400
	очень низкое	<50

Качественное состояние почвенного покрова в исследуемом районе с учетом естественного плодородия, т.е. содержания гумуса в слое 0-25 см разделено на две группы:

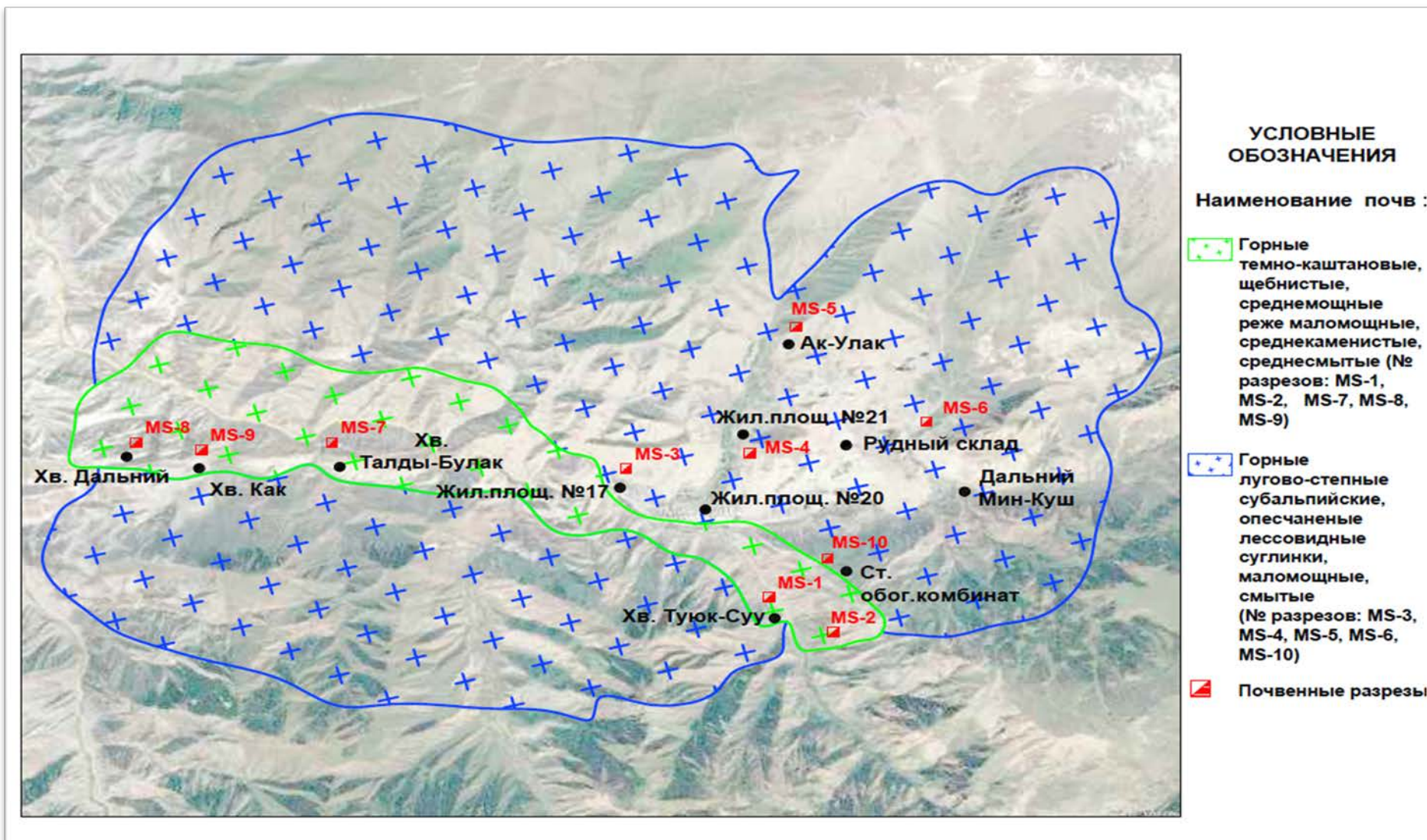
1-ая группа – среднего качества, запасы гумуса в почве в пределах – 100-150,0 т/га В данную группу вошли почвы выше хвостохранилища «Туюк-Суу», (точка MS - 2, правый берег р. Туюк-Суу, координаты: N - 41°39,529' E - 074°28 060', h-2102м), район штольни на жилой площадке №21 (точка MS-4, координаты: N - 41°41,302', E - 074°28,483', h-2431), район хвостохранилища

«Талды-Булак» (точка MS - 7, координаты: N - 41°40,922' E - 074°23, 734', h-1926). Эти почвы по бонитировочной шкале оценены в 40-55 баллов и отнесены к классу среднего качества.

2-я группа – ниже среднего качества, гумуса в почве в пределах – 50,00-100 т/га. Сюда включены почвы вблизи хвостохранилища «Туюк-Суу» (точка MS-1, координаты: N - 41°39,342' E-074°28,237', h-2104), район штольни на жилой площадке №17 (точка MS-3, координаты: N - 41°40,876' E-074°26,919' h-2107), район отвалов в Нижний Ак-Улак (точка MS-5, координаты: N-41°41,203' E-074°30,201', h-2456), район отвалов №6 (точка MS-6, координаты N-41°41,133' E-074°29, 235', h-2442), район хвостохранилища «Дальний» (точка MS-8, координаты: N-41°41,160' E-074°21,792', h-2018), район хвостохранилища «Как» (точка MS-9, координаты: N-41°41,054' E-074°22, 527' h-1938) и район старого обогатительного комбината (MS-10).

Качественная состояние данных почв оценено в 30-35 баллов, отнесены к классу ниже среднего качества. Они используются как малопродуктивные весенние и осенние пастбища.

Рисунок 3.2.10 – Карта-схема почв урановой природно-техногенной провинции Мин-Куш



3.3. Содержание микроэлементов в почвенном покрове

На поведение тяжелых металлов в почвах оказывают влияние органическое вещество, состав почвообразующих пород (литологический и гранулометрический), глинистые минералы, оксиды, гидроксиды Fe, Mn, Si, Al, которые меняются от условий почвообразования, реакция почвенной среды, характер биоценоза, климатические условия и др. [94].

Для оценки содержания микроэлементов пользовались Гигиеническим нормативом «Предельно допустимые концентрации и ориентировочно допустимые количества химических веществ (валовое содержание) в почве» утвержденным постановлением №201 Правительства КР от 11 апреля 2016 г, в котором, были определены ПДК/ОДК некоторых химических элементов в почве. Валовые количества микроэлементов сравнивали с их кларками в почвах по Виноградову А. П [1957] и суммарной концентрации микроэлементов в поверхностном слое почв, считающиеся предельными в отношении фитотоксичности по А. Кабата-Пендиасу [1989].

Таблица 3.3.9 - Результаты спектрального анализа по определению микроэлементов в почве, мг/кг, 2013г (Mn, Ni, Co, Ti, V, Cr, Zr).

№	Место отбора проб	Глубина/см	Элементы, мг/кг						
			Mn	Ni	Co	Ti	V	Cr	Zr
1	хв. «Туюк-Суу»*	0-20	200	30	4	1500	15	50	30
2	выше хв. «Туюк-Суу»*	0-25	200	7	4	2000	15	30	40
3	ниже хв. «Туюк-Суу»)	0-25	500	9	12	2000	15	40	40
4	хв. «Талды-Булак»*	0-20	700	15	9	3000	15	40	40
5	выше хв. «Талды-Булак»*	0-25	200	12	7	3000	20	40	40
6	ниже хв. «Талды-Булак» *	0-25	300	15	12	2000	15	70	30
7	хв. «Как» *	0-10	2000	90	40	4000	40	90	150
8	хв. «Дальний» *	0-25	700	90	30	5000	50	90	150
9	Штольня на площадке №17*	0-25	900	90	20	4000	50	120	300
		25-50	1000	90	70	4000	50	90	200
10	Штольня на площадке №21**	0-25	3000	90	70	3000	70	90	120
		25-50	1500	120	30	3000	50	90	300
11	Мост на р.Мин-Куш*	0-25	900	90	15	3000	50	70	150
12	Дальний Мин-Куш **	0-30	900	70	15	3000	50	90	90
Кларк почвы по Виноградову			1000	50	30	4500	90	100	200
ПДК в КР			-	-	-	-	150	-	-
Суммарная концентрации микроэлементов в почве по Кабата-Пендиасу			1500	100	50	-	100	100	-

Примечание: * горные темно-каштановые почвы; ** горно-лугово-степные субальпийские почвы.

Таблица 3.3.10 - Результаты спектрального анализа по определению микроэлементов в почве, мг/кг, 2013г (Sn, Ga, Cu, Pb, Zn, Sr, Ba).

№	Место отбора проб	Глубина/см	Элементы, мг/кг						
			Sn	Ga	Cu	Pb	Zn	Sr	Ba
1	хв. «Туюк-Суу» *	0-20	-	12	15	120	150	200	500
2	выше хв. «Туюк-Суу» *	0-25	-	12	15	9	200	200	-
3	ниже хв. «Туюк-Суу»)	0-25	1,5	12	70	40	150	200	500
4	хв. «Талды-Булак» *	0-20	1,5	12	15	20	150	300	500
5	выше хв. «Талды-Булак» *	0-25	1,5	12	70	90	200	400	400
6	ниже хв. «Талды-Булак»	0-25	1,5	12	30	20	150	200	300
7	хв. «Как» *	0-10	5	20	70	90	200	300	700
8	хв. «Дальний» *	0-25	7	20	50	90	200	200	500
9	Штольня на площадке №17*	0-25	7	20	90	70	-	300	500
		25-50	5	20	70	90	30	400	500
10	Штольня на площадке №21**	0-25	5	15	50	70	-	400	400
		25-50	5	15	70	70	-	500	500
11	Мост на р. Мин-Куш*	0-25	5	20	50	50	30	300	500
12	Дальний Мин-Куш **	0-30	3	12	50	12	40	300	500
Кларк почвы по Виноградову			5	20	20	10	80	450	650
ПДК в КР			-	-	-	32	-	-	-
Суммарная концентрации микроэлементов в почве по Кабата-Пендиасу			50	25	100	100	300	-	-

Примечание: * горные темно-каштановые почвы; ** горно-лугово-степные субальпийские почвы.

Марганец (Mn). Миграция в почвах зависит от окислительно-восстановительных условий, и он более подвижен, чем железо [65].

Марганец является одним из наиболее распространенных микроэлементов в литосфере. Его содержание в горных породах изменяется в пределах 350-2000 мг/кг. Марганец не считается загрязняющим почвы металлом и может накапливаться в разных почвенных горизонтах, особенно в обогащенных оксидами и гидроксидами железа, однако обычно этот элемент аккумулируется в верхнем слое почв вследствие его фиксации органическим веществом [78].

По данным Мамытова А. М. (1974) валовое содержание марганца в почвах территории Киргизии колеблется в пределах 310-986 мг, в среднем составляет 710 мг/кг.

По таблице 3.3.9 видно, что содержание марганца в почвах природно-техногенных объектах составляет в пределах 200-3000 мг/кг почвы. Самое высокое содержание марганца (2000 мг/кг) отмечено на хвостохранилище «Как», в районе штольни на жил. площадке №21 (3000 мг/кг), что выше кларка по Виноградову (1957) и суммарной концентрации марганца в поверхностном слое почв по Кабата-Пендиасу (1989).

Никель (Ni) отличается малой подвижностью в почвах с нейтральной и щелочной средой почвенного раствора [65].

В распределении никеля, кобальта и железа в земной коре отмечается большое сходство. Так, наиболее высокие содержания никеля характерны для ультраосновных пород -1400-2000 мг/кг; с увеличением кислотности горных пород его концентрации уменьшаются до 5-15 мг/кг в гранитах. В осадочных породах они изменяются от 5 до 90 мг/кг, причем наиболее высокие значения характерны для глинистых отложений, а наиболее низкие - для песчаников [78].

По результатам лабораторных анализов, содержание никеля в почвах колеблется от 7 до 120 мг/кг. Самое высокое содержание (120 мг/кг) обнаружилось в районе штольни на жил. площадке №21, что превышает кларк и ОДК в Кыргызстане.

Кобальт (Co). В земной коре высокие концентрации кобальта характерны для ультраосновных пород (100-220 мг/кг), а содержания в кислых породах значительно ниже (1-15 мг/кг). Важными факторами распределения и поведения Co в почвах являются также органическое вещество и содержание глинистых частиц [78].

По данным Мамытова А. М. (1974) валовое содержание кобальта в почвах территории Киргизии колеблется в пределах 5,5-15,0 мг, в среднем составляет -10,7 мг/кг и количество кобальта в почвах зависит в первую очередь от их механического состава: легкие почвы наиболее бедны им, тяжелые обогащены.

По результатам лабораторных анализов, содержание кобальта в исследуемых почвах находится в пределах 4-70 мг/кг почвы. Самое высокое содержание кобальта (70 мг/кг) обнаружилось в точке №9 и №10 (штольни на жилых площадках №17 и 21), что выше кларка по Виноградову (1957) и суммарной концентрации кобальта в поверхностном слое почв по Кабата-Пендиасу (1989).

Титан (Ti). Кларк титана в земной коре составляет- 4500 мг/кг (по Виноградову, 1962).

Титан - обычный компонент горных пород, в которых его концентрации колеблются в пределах 0,03-1,4%. Однако накопление этого элемента не создает каких-либо проблем в окружающей среде [78].

По результатам лабораторных анализов содержание титана в исследуемых почвах колеблется от 1500 до 5000 мг/кг почвы. Самое высокое содержание титана обнаружилось в точке №8 (хвостохранилища «Дальний»), которое составило - 5000 мг/кг, что выше кларка по Виноградову (1957).

Ванадий (V). Поведение ванадия в почвах изучено недостаточно, однако отмечено, что суглинистые и песчаные почвы содержат повышенное содержание ванадия, чем материнские породы [107].

Ванадий концентрируется преимущественно в основных породах и сланцах (в пределах 100-250 мг/кг). Подвижность ванадия при выветривании горных пород зависит от характера первичных минералов [78].

Содержание ванадия в исследуемых почвах варьируется в пределах 15-70 мг/кг почвы, что ниже ПДК в Кыргызстане.

Хром (Cr). Анализ распределения хрома в континентальных отложениях показывает, что наиболее значительные его концентрации характерны для ультраосновных и основных горных пород. Содержание хрома в кислых изверженных и осадочных породах значительно ниже и в общем случае изменяется в пределах 5-120 мг/кг, достигая максимальных значений в глинах [78].

Содержание хрома в исследуемых почвах составляет в пределах 30-120 мг/кг. Самый наибольший показатель обнаружен в точке №9 (штольня на жилой площадке №17) составляет – 120 мг/кг, выше кларка по Виноградову (1957) и суммарной концентрации кобальта в поверхностном слое почв по Кабата-Пендиасу (1989).

Цирконий (Zr). Распространенность Zr в породах земной коры изменяется в пределах 20-500 мг/кг, при этом наименьшие значения характерны для ультраосновных пород и известковистых осадков. Содержание Zr в почвах в целом наследуется от материнских пород, поэтому значительных вариаций содержания Zr между разными типами почв не наблюдается [78].

Содержание Zr по всем объектам изменяется от 30 до 300 мг/кг почвы. Самое высокое содержание обнаружилось (300 мг/кг) в точках №9 и №10.

Медь (Cu). Медь является одним из наименее подвижных тяжелых металлов в почве. Отличается слабой подвижностью в нейтральной и щелочной среде почвенного раствора и высокой подвижностью в кислой среде [38, 65]. Среднее содержание меди в почвах мира составляет 30 мг/кг. [38].

По данным Мамытова А. М. [1974] в почвах территории Киргизии валовое содержание меди составляет 15-43 мг/кг, в среднем 33,0 мг/кг.

Среди пород земной коры повышенные содержания меди свойственны основным и средним горным породам, а пониженные – карбонатным. Средних содержание Cu колеблется в пределах 6 - 60 мг/кг [78].

Результаты лабораторных анализов показали, что содержание валовой меди в исследуемых почвах колеблется в пределах от 15 до 90 мг/кг почвы. Эти показатели превышают кларк, но ниже ОДК в Кыргызстане и суммарной концентрации кобальта в поверхностном слое почв по Кабата-Пендиасу (1989).

Свинец (Pb). Свинец отличается высокой токсичностью входит к первому классу опасности [38]. По данным Мурсалиева А. М. [1973] содержание свинца в каштановых почвах составляет 4,2-46 мг/кг. По Кабата-Пендиасу, обычные концентрации свинца в горных породах колеблются в пределах 10–40 мг/кг. По Виноградову А. П. [1957] кларк свинца в почве составляет 10 мг/кг, величина ПДК в Кыргызстане с учетом фона кларка составляет - 32 мг/кг.

В исследуемых почвах содержание Pb составляет от 9 до 120 мг/кг. Наибольшие содержания свинца (70-120мг/кг) отмечены в почвах вблизи штольной №17 и 21, а также на хвостохранилищах: «Талды-Булак», «Как», «Дальний», «Туюк-Суу», что выше ПДК в 3-4 раза.

Цинк (Zn). характеризуется высокой интенсивностью миграции в ландшафте, чем у Cu; Si; K; P; Pb. Цинк малоподвижен в почвах с нейтральной и слабощелочной реакцией почвенной среды. Реакция почвенной среды исследуемых почв слабощелочная и нейтральная, следовательно, цинк в исследуемых почвах малоподвижен [38, 94, 107].

В магматических породах цинк распределен, по-видимому, довольно однородно. Наблюдается лишь небольшое обогащение им мафических пород (80-120 мг/кг) и слабое обеднение кислых пород (40-60 мг/кг). Концентрации Zn в глинистых осадках и сланцах повышены до 80-120 мг/кг, а в песчаниках и карбонатных породах они колеблются в пределах 10-30 мг/кг [78].

По данным Мамытова А. М. (1974) в почвах территории Киргизии валовое содержание цинка составляет 46-98 мг/кг, в среднем 70,7 мг/кг наблюдается

закономерность увеличения содержания цинка в почвах по мере увеличения в них количества тонкодисперсных частиц и гумуса.

Результаты лабораторных анализов показали, что содержание цинка в исследуемых почвенных образцах составляет в пределах 30,0-200 мг/кг, которое ниже ОДК в Кыргызстане и суммарной концентрации цинка в поверхностном слое почв по Кабата-Пендиасу (1989).

Олово (Sn). О присутствии Sn в почвах мало сведений. Данные о распространенности Sn в породах земной коры показывают, что его концентрации повышены в глинистых отложениях (6 - 10 мг/кг) [78].

Содержание его в почвах находится в пределах 1,5-7 мг/кг почвы. Высокий показатель обнаружен в точках № 8 и №9, который составил - 7 мг/кг.

Барий (Ba). В земной коре барий концентрируется преимущественно в средних и кислых магматических породах, при этом пределы его содержания составляют, как правило 400-1200 мг/кг. В почвах Ba легко мобилизуется в различных условиях, поэтому его концентрация в почвенных растворах обнаруживают значительные вариации [78].

Содержание бария в исследуемых почвах отмечено в пределах 300-700 мг/кг, наибольшее содержание (700 мг/кг) в точке 7 (хвостохранилища «Как»).

Галлий (Ga). Галлий в главных типах пород распределен относительно однородно. Обычные его содержания в магматических и метаморфических породах составляют 5-25 мг/кг [78].

Содержание галлия в исследуемых почвах отмечено в пределах 12-20 мг/кг, что ниже кларка.

Стронций (Sr). Содержание Sr в почвах в большой степени контролируется составом материнских пород и климатом. Интервал его содержания в поверхностных горизонтах составляет 18 - 3500 мг/кг [78].

Содержание стронция в исследуемых почвах отмечено в пределах 200-500 мг/кг, что не превышают кларк.

В целом, содержание тяжелых металлов в почвах изучаемого региона находится в пределах фоновых значений, однако следует отметить увеличение

их концентраций на отдельных техногенных участках.

По результатам лабораторных анализов было определено, что в почвах хвостохранилищ и штольней в урановой природно-техногенной провинции Мин-Куш отмечены повышенные концентрации микроэлементов: Mn, Co, Ni, Ti, Cr, Pb по сравнению с ПДК и биогеохимическими критериями.

А также, нами совместно с экспертами МАГАТЭ 2013 г были изучены тело хвостохранилища «Туюк-Суу» на содержание типичных для хвостового материала микроэлементов и часть проб были анализированы с помощью метода ISP-MS спектрометрии в Центральной лаборатории Зайберсдорфа МАГАТЭ (г. Вена). Содержание этих элементов представлено в таблице 3.3.11 подтверждает отсутствие в составе хвостов высоких содержаний наиболее токсических элементов, таких как мышьяк, кадмий и хром.

Таблица 3.3.11 - Определение массовой доли микроэлементов в пробах хвостохранилища, измеренных в ICP-MS (Бк/кг, сухого веса)

Элемент	проба S-02	проба S-03	проба S-04	проба S-05
Li	20,2±1.1	16.6±0.28	22.5±0.72	26.3±0.76
Co	9.20±0.82	8.48±0.29	9.70±0.12	13.4±0.20
Mn	30.4±0.46	43.9±0.66	66.5±1.20	39.9±0.64
Pb	19.7±0.71	15.5±0.65	24.8±0.57	31.2±0.65
Se	88.2±3.2	63.0±2.06	85.3±2.6	98.3±4.6
U	69.3±0.90	131±1.3	121±1.3	199±2.2
Al	6336±70	4472±58	6464±226	3702±204
Cu	20.8±0.85	23.1±0.28	27.5±0.25	37.5±0.68
Fe	9831±98	8878±71	10044±80	10763±140
Zn	23.7±1.1	21.9±0.88	44.5±1.2	40.4±1.3
As	6.56±0.66	5.16±0.51	7.24±0.38	8.81±0.39
Ba	245±4.2	174±3.8	371±3.3	264±5.8
Be	1.94±0.24	1.74±0.18	2.31±0.19	2.37±0.23
Cd	1.11±0.18	0.63±0.08	0.50±0.04	0.44±0.82
Mg	161±2.4	252±3.8	609±8.5	198±0.04
K	157022	1665±28	6033±54	2696±3.4
Na	270±±5.7	463±8.3	894±11	398±49
Ca	4727±76	5652±153	17306±104	9532±4.0
Sr	106±2.4	92.3±0.55	225±2.9	173±20
Ti	939±13	435±7.8	824±12	822±3.5
Cr	19.9±0.52	20.7±0.56	31.4±0.16	48.2±23

Из данной таблицы видно, что имеются достаточно большие концентрации селена (до 100 мг/кг) и общего урана (до 200 мг/кг сухого вещества). Стронция отмечено до 2 раз больше по сравнению с другими образцами (225±2.9 мг/кг сухого вещества). Наиболее высокое содержание железа в пробах объясняет его существенное окисление и вымывание из тела хвостохранилища.

Необходимо отметить, что лабораторные анализы на содержания микроэлементов в почве вышеуказанных контрольных точек проводили с 2012

по 2018 гг. разными методами. Полученные результаты лабораторных анализов были достоверны, разница содержания микроэлементов составляла не более 20%. В связи с этим, можно сказать, что за все эти исследуемые годы содержание данных микроэлементов в почве не имело существенного различия в указанных точках. По этой причине, не стали приводить все эти результаты и таблицы.

По литературным данным, почвы способны противостоять отрицательному воздействию тяжелых металлов. Поверхностный гумусовый горизонт действует как комплексный геохимический фильтр, удерживающий большую часть загрязнителя. Благодаря высоким буферным свойствам почва сохраняет фильтрующие и средобразующие функции.

По Ильину В. Б. (1995) на буферность почв влияние оказывают содержание гумуса, содержание полуторных оксидов (Al_2O_3 , Fe_2O_3), содержание физической глины (частиц $<0,01$ мм), карбонатов, реакции почвенной среды (табл. 3.3.11 и 3.3.12).

Таблица 3.3.11 - Шкала буферности почв по отношению к тяжелым металлам Ильину В.Б. [1995].

Показатели		Балл	Балл с учетом поправочного коэффициента
Название	Пределы содержания, % (ранг)		
Гумус	< 1	1	1
	1,1-2	2	2
	2,1-4	3,5	3,5
	4,1-6	5	5
	6,1-8	6,5	6,5
	8,1-10	8	8
	> 10	9	9
Физическая глина	< 10	1	2,5
	11-20	2	5
	21-45	4	10
	46-60	6	15
	> 60	8	20
Полуторные оксиды	< 1	1	1

	1,1-2	2,5	2,5
	2,1-3	4	4
	3,1-4	5,5	5,5
	4,1-5	7	7
Карбонаты	< 0,5	1	1,5
	0,6-1,5	2,5	3,5
	1,6-2,5	4,5	6,5
	2,6-3,5	6,5	9,5
	3,6-4,5	8,5	12,5
	> 4,5	10,5	15,5
Реакция среды	5,1-5,5	1	2,5
	5,6-6,0	2	5
	6,1-6,5	3	7,5
	6,6-7,0	4	10
	7,1-7,5	5	12,5
	7,6-8,0	6	15

Таблица 3.3.12 - Градации буферности почв по отношению к тяжелым металлам по Ильину В. Б. [1995].

Степень буферности	Суммарный балл
Очень низкая	<10
Низкая	11-20
Средняя	21-30
Повышенная	31-40
Высокая	41-50
Очень высокая	>50

Из анализа полученных нами результатов можно отметить, что на защитные свойства горных темно-каштановых и горных лугово-степных субальпийских почв влияет в основном содержание гумуса и карбонатов (таблица 3.3.13).

Таблица 3.3.13 - Буферность почв к тяжелым металлам п. Мин-Куш

Шифр проб	Тип почв	Место отбора проб	Количество баллов					Сумма баллов	Градации буферности
			гумус	физическая глина	полуторные оксиды	карбонаты	рН		
MS-1	Горн. темн-каштановые	р/н хв. «Туюк-Суу»	3,5	10	7	15,5	15	51	Очень высокая
MS-2	Горн. темн-каштановые	выше хв. «Туюк-Суу»	6,5	10	7	15,5	15	54	Очень высокая
MS-3	Горн. лугов. степ. субальп	р/н штольни №17	3,5	10	7	9,5	15	45	Высокая
MS-4	Горн. лугов. степ. субальп	р/н штольни №21	6,5	10	7	12,5	15	51	Очень высокая
MS-7	Горн. темн-кашт	р/н хв. «Талды - Булак»	5	10	7	15,5	12,5	53	Очень высокая
MS-8	Горн. темн-кашт	р/н хв. «Дальний»	3,5	15	7	15,5	15	51	Очень высокая
MS-9	Горн. темн-кашт	р/н хв. «Как»	3,5	10	7	15,5	15	51	Очень высокая
MS-10	Горн. лугов. степ. субальп	р/н старого обогат. комбината	3,5	10	7	9,5	15	45	Высокая

Полученные нами результаты анализа показала, что почвы по буферности на исследуемых точках подразделены на следующие группы:

1) высокая буферность (45 баллов) – точка MS-3 и MS-10 (горные лугово-степные субальпийские почвы).

2) очень высокая буферность (51-54 баллов): MS-1 (горные темно-каштановые почвы), MS-2 (горные темно-каштановые почвы), MS-4 (горные лугово-степные субальпийские почвы), MS-7 (горные темно-каштановые почвы), MS-8 (горные темно-каштановые почвы), MS-9 (горные темно-каштановые почвы).

3.4. Содержание радионуклидов (U, Th, Ra, K) в почвах

При отборе проб почв нами использованы известные методы в экологии и биогеохимии, учитывались типы почв, высоты над уровнем моря и др. проводились на следующих участках (Таблица 3.4.14). На отобранных почвенных образцах определены содержания ^{238}U и ^{26}Ra .

Таблица 3.4.14 - Места отбора проб почв на природно-техногенных объектах Мин-Куш.

№	Место отбора проб	Типы почв	Высота над ур.м.
1	Хвостохранилища «Туюк-Суу»	Горная темно-каштановая	2100
2	Хвостохранилища «Талды-Булак»	Горная темно-каштановая	1926
3	Хвостохранилища «Как»	Горная темно-каштановая	1938
4	Хвостохранилища «Дальний»	Горная темно-каштановая	2015
5	Жил. площадка №17	горная лугово-степная субальпийская	2150
6	Штольня в жил. площадке №17		
7	Жил. площадка №21	горная лугово-степная субальпийская	2440
8	Штольня в жил. площадке №21		
9	старый обогатительный завод	горная лугово-степная субальпийская	1983
10	Жил.плещ. Дальний Мин-Куш	горная лугово-степная субальпийская	2500

Результаты гамма-спектрометрического анализа почв техногенных объектов 2015г, показали значительное количество естественных радионуклидов ^{238}U и ^{226}Ra . (Таблица 3.4.15).

Таблица 3.4.15 – Результаты гамма-спектрометрического анализа почв, 2015г.

Код пробы почв	Место отбора пробы	Удельная активность, Бк/кг	
		^{238}U	^{226}Ra
MTS1	Хвостохранилища «Туюк-Суу»	53,4±6,0	149,0±2,2
MT1S2	Ниже 100м от хвостохранилища «Туюк-Суу»	56,2±4,8	86,5±5,3
MT2S1	Ниже 100м от хвостохранилища «Талды-Булак»	48,9±8,4	42,1±1,9
MT2S2	Хвостохранилища «Талды-Булак»	176,4±15,4	233,5±13,5
MT2S3	Выше 100 м от хвостохранилища «Талды-Булак»	37,6±4,3	47,2±3,5
MT3S1	Ниже 100 м от хвостохранилища «Как»	77,1±17,9	76,8±3,1
MT3S2	Хвостохранилища «Как»	97,7±6,4	105,9±6,3
MT4S1	Ниже 100 м от хвостохранилища «Дальний»	39,2±5,0	82,8±3,4
MT4S2	Хвостохранилища «Дальний»	390,0±67,0	3591,7±163,0
M17S1	Жил.площадка №17	54,5±5,7	68,4±3,1
M17S5	Штольня на жил.площадке №17	70,2±6,0	106,0±4,6
M21S1	Жил.площадка №21	39,3±6,8	40,8±2,1
M21S4	Штольня на жил.площадке №21	280,5±18,8	395,2±15,2
MPS2	Старый обогатительный завод	251,4±26,2	298,0±13,9
MDS1	Жил. площадка Дальний Мин-Куш	102,9±17,8	99,1±4,5

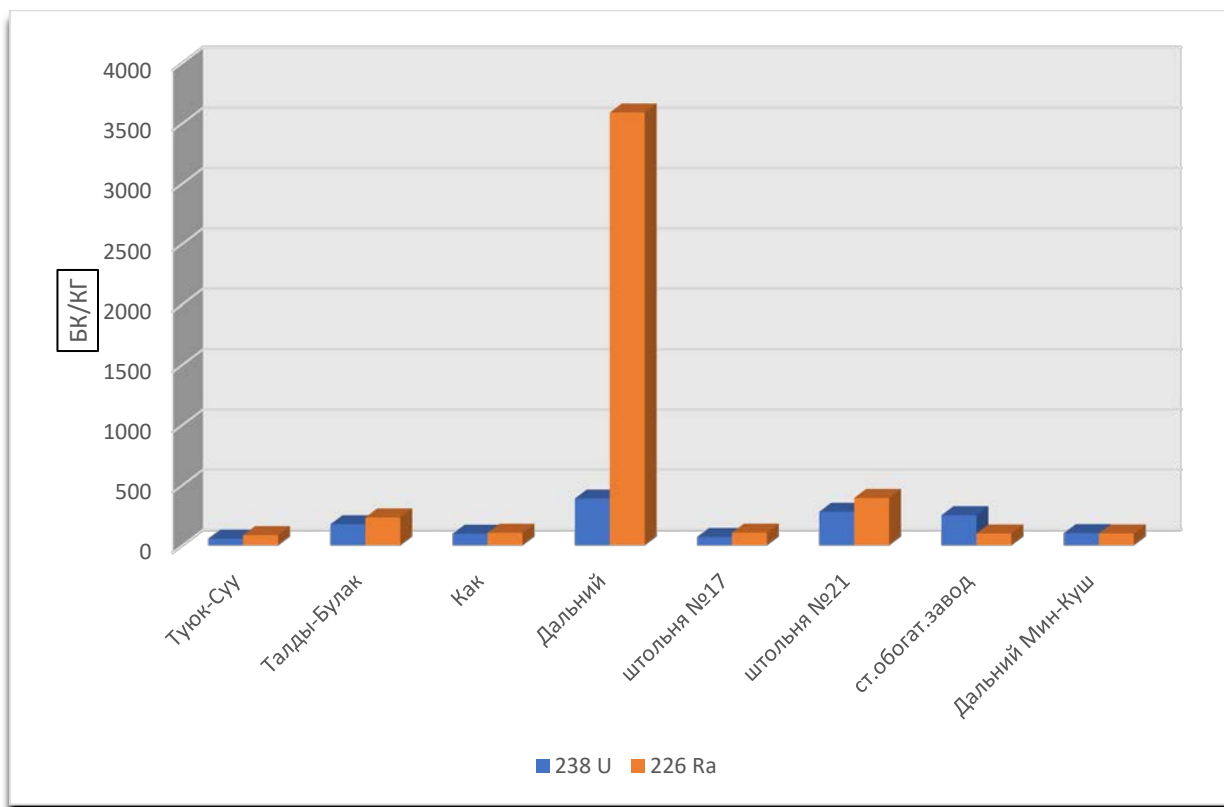


Рисунок 3.4.11 - Сравнительная удельная активность естественных радионуклидов в почвах природно-техногенных объектов п. Мин-Куш.

В таблице 3.4.13 и на рисунке 3.4.11 видно, что в нескольких образцах почв, отдельных участках естественные радионуклиды (^{238}U , ^{226}Ra) превышают среднее показатели. За контрольный уровень брали средние значения содержания радионуклидов в почвах России и кларковые значения, так как отсутствуют величины ПДК и средние значения по республике. Кларковое содержание урана-238 в земной коре составляет 28,9 Бк/кг, в почве 25 Бк/кг [13, 75, 81].

В исследуемых образцах почв, удельный активность ^{238}U варьирует от 37,6 до 390,0 Бк/кг. Наибольший показатель ^{238}U отмечено на точке МТ2S2 (тело хвостохранилища «Талды-Булак»), который показала - 176,4 Бк/кг, на точке МТ4S2 (тело хвостохранилища «Дальний») - 390,0 Бк/кг, на точке М21S4 (штольня на территории 21-площадки) - 280,5 Бк/кг и МРS2 (территории старого обогатительного комбината) - 251,4 Бк/кг.

В природе радий находится в рассеянном состоянии. Он не входит в состав отдельных минералов, а широко распространен в виде включений во многих образованиях. Кларковое содержание радия в земной коре составляет 1×10^{-11} %, а в почвах - 8×10^{-11} % [13, 38,75]. Средняя удельная активность ^{226}Ra в почвах бывшего СССР составляет 39,9 Бк/кг, среднемировое значение - 29,2 Бк/кг.

На исследуемых почвенных образцах показатель ^{226}Ra варьирует от 40 Бк/кг до 3591,7 Бк/кг. Самый большой показатель - 3591,7 Бк/кг отмечен на теле хвостохранилища «Дальний» (МТ4S2).

В итоге, анализы полученных результатов показали, что содержание естественных радионуклидов в исследуемых почвенных образцах превышает средние кларковые значения: в среднем по урану в 10-15 раза, по радю в 8-10 раза (в грунте хвостохранилище «Дальний» до 90 раза).

В 2017г нами были измерены и изучены дозы радионуклидов ^{238}U , ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K в почвенных образцах хвостохранилищ. Результаты гамма-спектрометрического анализа на точке MST-01 (тело хвостохранилища «Гуюк-Суу»), показали удельную активность ^{238}U - $121,5 \pm 15$ Бк/кг, ^{226}Ra - $287,6 \pm 29,16$ Бк/кг, однако удельная активность ^{232}Th выше, чем в других точках, который показал - $45,7 \pm 3,68$ Бк/кг, удельная активность ^{40}K составляет - 418 ± 26 Бк/кг (Таблица 3.4.16).

Таблица 3.4.16 - Результаты гамма-спектрометрического анализа почв хвостохранилищ, 2017г

Код проб.	Место отбора проб	рН	Удельная активность, Бк/кг							
			²³⁸ U	±	²³² Th	±	²²⁶ Ra	±	⁴⁰ K	±
MST-01-04	Хвостохранилище «Туюк-Суу»	8,20	121,5	15	45,7	3,68	287,6	29,16	418	26
MSTB-02-04	Хвостохранилище «Талды-Булак»	7,85	54,6	7	27,6	1,7	106,2	7,4	590	36
MSK-03-04	Хвостохранилище «Как»	8,35	203,3	25	33	2	991,0	31	483	25
MSD-04-04	Хвостохранилище «Дальний»	7,85	210,2	26	40,5	2,2	495,7	22	351	22
MSA-05-04	2 км ниже п.Мин-Куш	7,10	37,5	4	32	1,8	47,6	10	46	25

По таблице 3.4.16 видно, что на хвостохранилище «Талды-Булак» (MSTB-02) удельная активность ²³⁸U составила 54,6 ± 7 Бк/кг, что ниже, чем в предыдущем году.

По оценкам акад. В.И. Вернадского содержание тория в почвах оценивалось, в среднем, 32,8 Бк/кг, оно принято за геохимический фон [33, 36]. В образцах почв показатель ²³²Th хвостохранилища «Талды-Булак» составила 27,6 ± 1,7 Бк/кг, ²²⁶Ra – 106,2 ± 7,4 Бк/кг, однако, отмечено наибольший показатель из всех точек ⁴⁰K, который показала - 590 ± 36 Бк/кг.

На хвостохранилище «Как» (MSK-04) удельная активность ²³⁸U составила - 203,3 ± 25 Бк/кг, а показатель ²²⁶Ra – 991,0 ± 31 Бк/кг, который составляет самый наибольший уровень радионуклидов в почве из всех точек. Показатель ²³²Th составляет – 33,0 ± 2 Бк/кг, а удельная активность ⁴⁰K – 483 ± 25 Бк/кг.

Наибольший показатель ²³⁸U и ²²⁶Ra отмечены на хвостохранилище «Дальний» (точка MSD-04): удельная активность ²³⁸U-210,2 ± 26 Бк/кг и ²²⁶Ra –

495,7 ± 22 Бк/кг. Показатель ^{232}Th составила 40,5 ± 2,2 Бк/кг и превышает геохимический фон. Удельная активность ^{40}K показала – 351 ± 22 Бк/кг.

Минимальные показатели радионуклидов были в почвенных образцах точки MSA-05-04 (контрольная точка), в которой удельная активность ^{238}U - 37,5±4 Бк/кг, ^{232}Th – 32±1,8 Бк/кг, ^{226}Ra – 47,6±10 Бк/кг и ^{40}K – 46±25 Бк/кг. На рисунке 3.4.12 отображены полученные значения элементов уранового ряда в почвенных образцах хвостохранилищ.

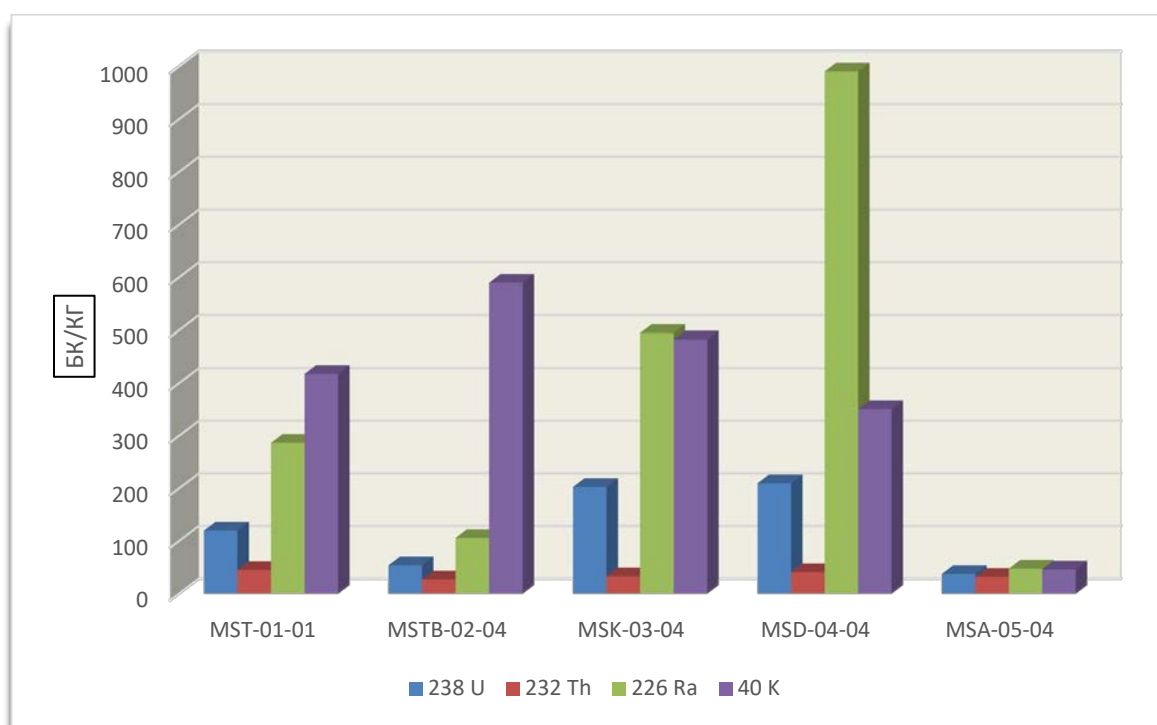


Рисунок 3.4.12 - Сравнительная удельная активность естественных радионуклидов в почвах хвостохранилищ

Радиоактивность почв, обусловленная естественными радионуклидами, в основном зависит от содержания в ней калий (K-40), на долю которого приходится 84%. Кларковое содержание калий (K-40) в земной коре составляет 655 Бк/кг, в почве - 370 Бк/кг, по России среднее значение 520 [73, 98]. Средняя удельная активность калий (K-40) в исследуемых почвах варьирует от 351 Бк/кг до 590 Бк/кг.

В итоге, анализы полученных результатов показали, что содержание естественных радионуклидов в исследуемых почвенных образцах хвостохранилищ в несколько раз превышает средние кларковые значения: по урану в 5-8 раза, по радию в 15-20, по калию 1-1,5 раза.

Для радиэкологической оценки состояния наземных экосистем, нами были введены данные результатов гамма-спектрометрического анализа почв хвостохранилищ ^{238}U , ^{232}Th , ^{226}Ra в программу Erica tool 2. Среди референс-организмов, заложенных в базе программы Erica tool 2, наиболее высокие показатели коэффициентов радиационного риска характерны для мхов и лишайников (рис. 3.4.13).

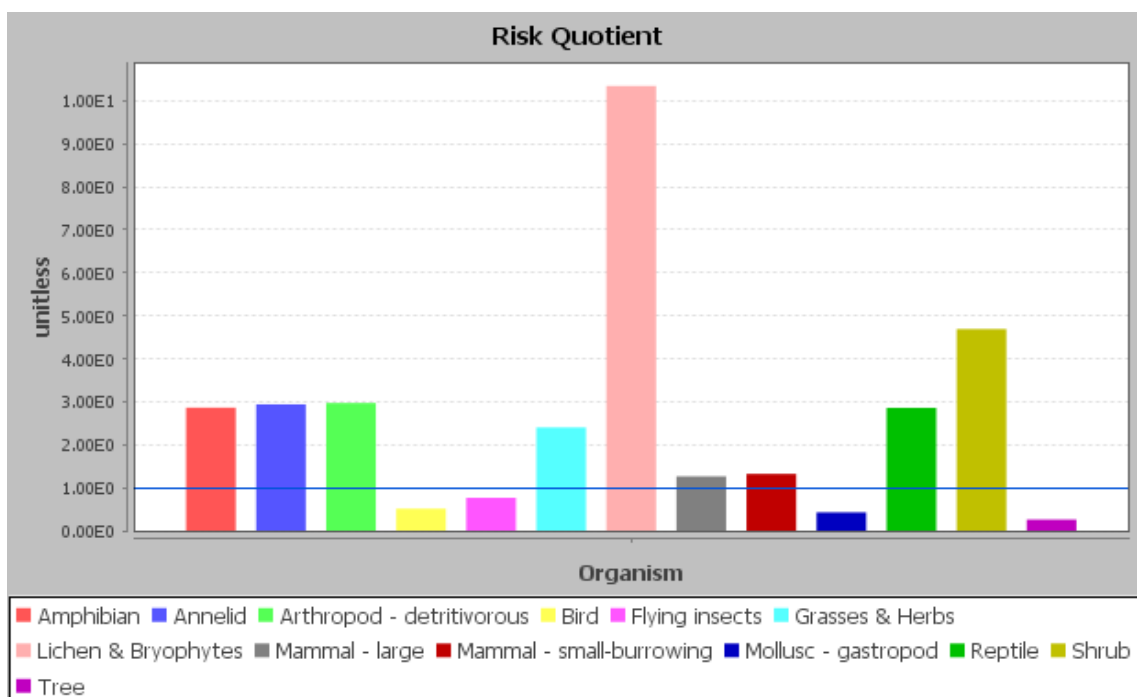


Рис. 3.4. 13 - Значения коэффициентов радиационного риска

По итогам расчета данной программы, максимальное значение характерно для хвостохранилища «Как» - 36,78. По радионуклидам высокие коэффициенты радиационного риска характерны для ^{226}Ra - 35,08, более низкие для ^{238}U - 1,58 и ^{232}Th - 0,11 (таблица 3.4.17).

Таблица 3.4.17. Значение коэффициентов радиационного риска для мхов и лишайников

Точки отбора проб	Значение коэффициента риска по радионуклидам	Суммарное значение коэффициента риска
Хвостохранилище «Туюк-Суу»	^{238}U - 0.95 ^{232}Th - 0.15 ^{226}Ra - 10.18	11.28
Хвостохранилище «Талды-Булак»	^{238}U - 0.42 ^{232}Th - 0.09 ^{226}Ra - 3.76	4.28
Хвостохранилище «Как»	^{238}U - 1.58 ^{232}Th - 0.11 ^{226}Ra - 35.08	36.78
Хвостохранилище «Дальний»	^{238}U - 1.64 ^{232}Th - 0.14 ^{226}Ra - 17.55	19.32
2 км ниже п.Мин-Куш	^{238}U - 0.28 ^{232}Th - 0.11 ^{226}Ra - 1.68	2.07

Расчетные данные по уровням накопления радионуклидов в референс-организмах, заложенных в базе программы Erica tool 2 показали, что мхи и лишайники способны накапливать больше радионуклиды по сравнению с другими организмами (рисунок 3.4.14 и таблица 3.4.18). Более интенсивно накапливается ^{226}Ra .

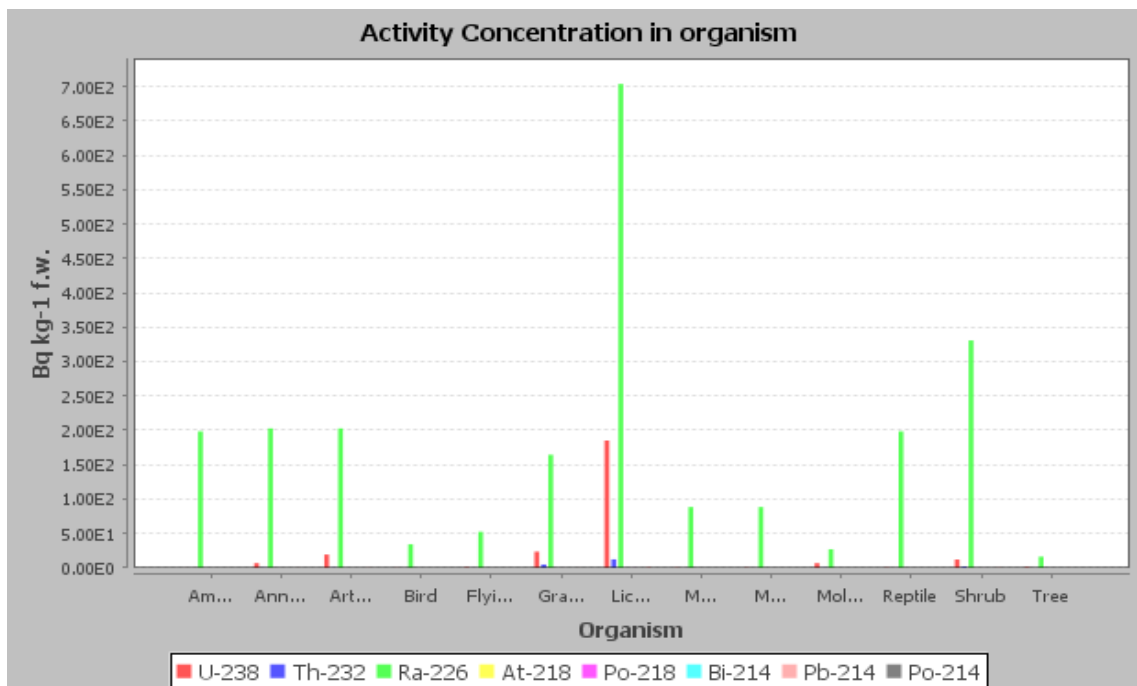


Рис. 3.4.14 - Расчетные данные по уровням накопления радионуклидов в референс-организмах

Таблица 3.4.18. Расчетное содержание радионуклидов в мхах и лишайниках

Activity Concentration in organism [Bq kg-1 f.w.] ----- Isotope	Lichen & Bryophytes
U-238	185.16
Th-232	12.43
Ra-226	703.57
At-218	1.10
Po-218	0.19
Bi-214	0.009
Pb-214	1.59
Po-214	1.66

Как видно из данных таблицы 3.4.19, расчетная мощность поглощенной дозы в организмах может колебаться в пределах 2,60 – 103,42 мкГр/час.

Таблица 3.4.19. Расчетная мощность поглощенной дозы по референс-организмам

Organism	Total Dose Rate per organism [$\mu\text{Gy h}^{-1}$]
Amphibian	28.61
Annelid	29.39
Arthropod - detritivorous	29.69
Bird	5.14
Flying insects	7.66
Grasses & Herbs	24.02
Lichen & Bryophytes	103.42
Mammal - large	12.65
Mammal - small-burrowing	13.21
Mollusc - gastropod	4.27
Reptile	28.57
Shrub	46.89
Tree	2.60

Так как мхи и лишайники способны накапливать больше радионуклидов по сравнению с другими организмами, для них программой Erica tool 2 рассчитан максимальный показатель поглощенной дозы – 103,42 мкГр/час (рисунок 3.4.15).

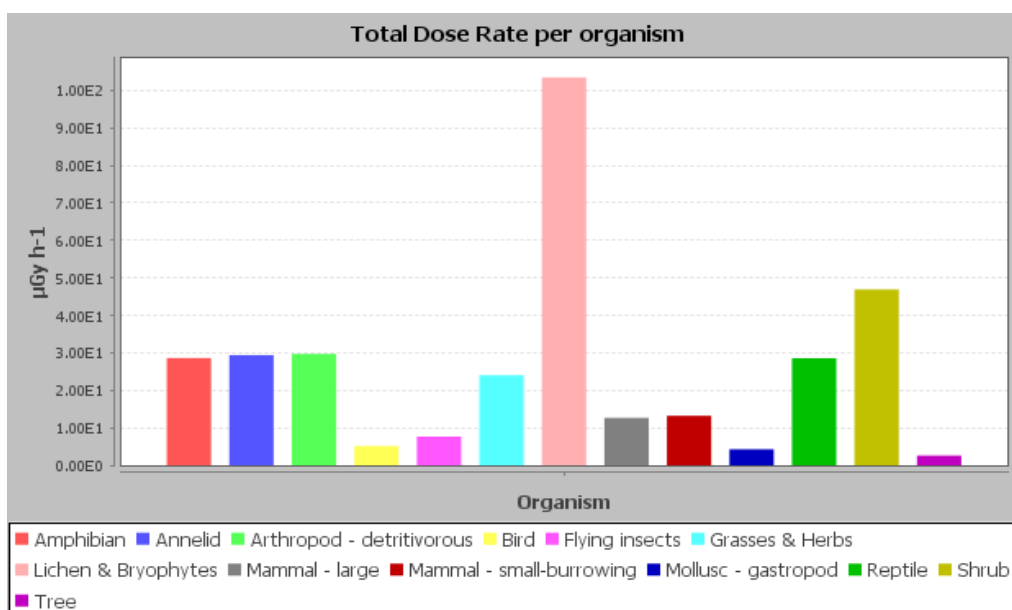


Рис.3.4.15. Расчетная мощность поглощенной дозы по референс-организмам

Основной вклад в мощность поглощенной дозы вносит ^{226}Ra (рис. 3.4.16).

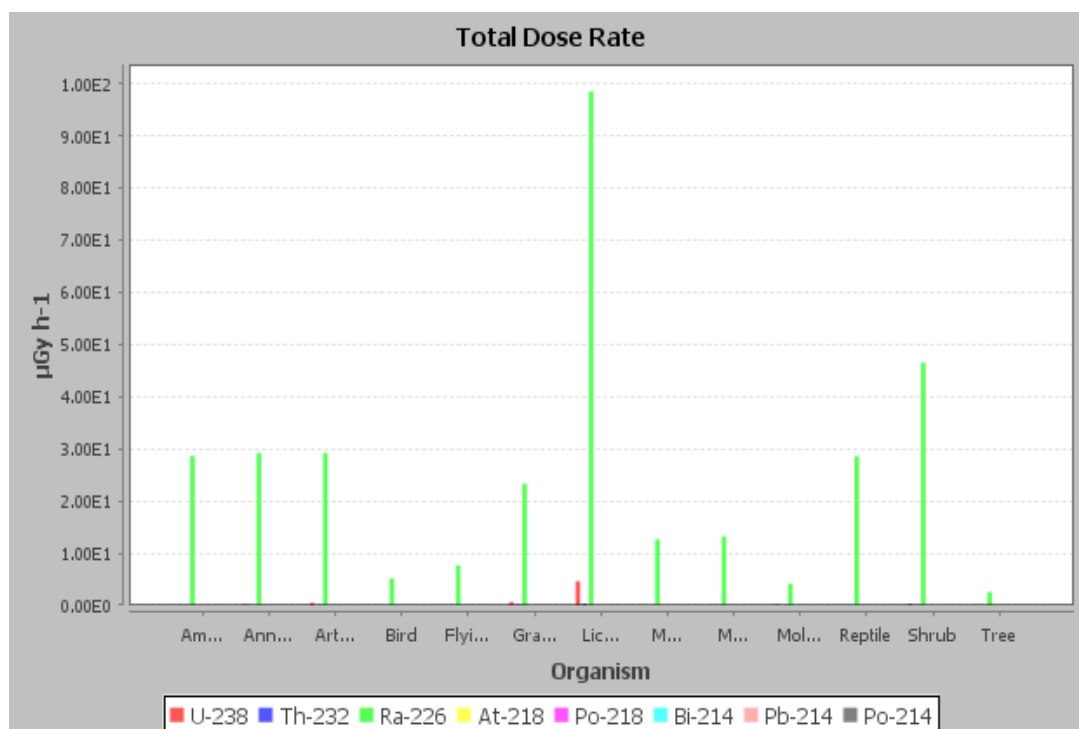


Рис.3.4.16 - Вклад радионуклидов в мощность поглощенной дозы

Согласно базы данных радиобиологических эффектов, заложенных в программе Erics tool 2 в пределах поглощенных доз (0-50 мкГр/час) у травянистых растений может проявляться в снижении массы и всхожести семян, увеличение уровня хромосомных aberrаций. Для кустарников возможно проявление незначительного снижения растений с листьями, у хвойных деревьев, как сосна может проявиться незначительное уменьшение и пожелтение хвоинок. Для других референс-организмов в пределах данных поглощенных доз не установлено статистически значимого влияния радиации на жизненные процессы. Для мхов и лишайников радиобиологические эффекты возможны при дозах выше 1000 мкГр/час.

В 2018г и 2019г нами были проведены сравнительные гамма-спектрометрические анализы почвенных образцов из генетических горизонтов (по профилю) почвенного покрова на следующих природно-техногенных участках п. Мин-Куш:

1. Выше 200 м от хвостохранилища «Туюк-Суу», точка №1 (контрольная);
2. Тело хвостохранилища «Туюк-Суу», точка №2;
3. Ниже 100 м от хвостохранилища «Туюк-Суу», точка №3;
4. Выше 200 м от хвостохранилища «Галды-Булак», точка №4; (контрольная);
5. Тело хвостохранилища «Галды-Булак», точка №5;
6. Ниже 100 м от хвостохранилища «Галды-Булак», точка №6;
7. Район штольни на жилой площадке №17;
8. Район штольни на жилой площадке №21.



Фото.3.4.21 - Отбор проб почв по генетическим горизонтам (выше хвостохранилища «Туюк-Суу»).



Фото 3.4.22 - Отбор проб почв по генетическим горизонтам (ниже хвостохранилища «Талды-Булак»)

Результаты гамма-спектрометрического анализа почв по профилю (по генетическим горизонтам) хвостохранилища «Туюк-Суу» (2018г) показали, что на почвенном образце МКТС-2 (тело хвостохранилища) удельная активность ^{238}U показала $118,6 \pm 18$ Бк/кг, ^{232}Th $46,5 \pm 5,3$ Бк/кг, удельная активность ^{226}Ra показала выше, чем на всех других исследуемых точках и составила $282,8 \pm 5,4$ Бк/кг, ^{40}K - 425 ± 18 Бк/кг.

В точке МКТС-1 (глубина 0-25см): ^{238}U - $39,2 \pm 7,0$ Бк/кг, ^{232}Th - $32,1 \pm 9,6$ Бк/кг, ^{226}Ra – $57,6 \pm 3,4$ Бк/кг, ^{40}K - 118 ± 26 Бк/кг, в МКТС-1-2 (глубина 25-50см): ^{238}U - $22,6 \pm 3,8$ Бк/кг, ^{232}Th - $19,1 \pm 6,3$ Бк/кг, ^{226}Ra – $42,4 \pm 4,6$ Бк/кг, ^{40}K – $86,4 \pm 5,9$ Бк/кг, в МКТС-1-3 (глубина 50-70см): ^{238}U - $11,2 \pm 2,6$ Бк/кг, ^{232}Th - $12,1 \pm 8,7$, ^{226}Ra – $25,4 \pm 6,8$ Бк/кг, ^{40}K – $32,4 \pm 2,7$ Бк/кг.

В точке МКТС-3 (глубина 0-22см): ^{238}U – $59,2 \pm 4,8$ Бк/кг, ^{232}Th - $42,4 \pm 4,6$ Бк/кг, ^{226}Ra – $76,6 \pm 3,1$ Бк/кг, ^{40}K - 216 ± 16 Бк/кг, в МКТС-3-2 (глубина 24-45см): ^{238}U – $41,6 \pm 7,5$ Бк/кг, ^{232}Th - $28,8 \pm 4,7$ Бк/кг, ^{226}Ra – $56,5 \pm 7,9$ Бк/кг, ^{40}K - $118 \pm 6,3$ Бк/кг и в МКТС-3-3 (глубина 45-60см): ^{238}U – $21,3 \pm 5,6$ Бк/кг, ^{232}Th - $16,7 \pm 6,4$ Бк/кг, ^{226}Ra – $18,4 \pm 9,9$ Бк/кг, ^{40}K – $65,9 \pm 4,8$ Бк/кг (Таблица 3.4.20).

Таблица 3.4.20 - Содержание (удельная активность) радионуклидов по профилю (по генетическим горизонтам) почвенного покрова на природно-техногенных объектах п. Мин-Куш, 2018г.

Код проб	Генетический горизонт	Глубина на образцах, см	рН	²³⁸ U	²³² Th	²²⁶ Ra	⁴⁰ Ka
				Бк/кг			
1	точка №1, выше 200 м от хвостохранилища «Туюк-Суу», горная темно-каштановая почва,						
МКТС-1	A	0-25	7,80	39,2±7,0	32,1±9,6	57,6±3,4	118±26
МКТС-1-2	B	25-50	8,35	22,6±3,8	19,1±6,3	42,4±4,6	86,4±5,9
МКТС-1-3	BC	50-70	8,10	11,2±2,6	12,1±8,7	25,4±6,8	32,4±2,7
2	точка №2, тело хвостохранилища «Туюк-Суу»						
МКТС-2	A	0-20	8,20	118,6±18	46,5±5,3	282,8±5,4	425±18
3	точка №3, ниже 100 м от хвостохранилища «Туюк-Суу», горная темно-каштановая почва,						
МКТС-3	A	0-22	8,15	59,2±4,8	42,4±4,6	76,6±3,1	216±16
МКТС-3-2	B	24-45	8,50	41,6±7,5	28,8±4,7	56,5±7,9	118±6,3
МКТС-3-3	BC	45-60	8,25	21,3±5,6	16,7±6,4	18,4±9,9	65,9±4,8
4	точка №4, выше 200 м от хвостохранилища «Талды-Булак», горная темно-каштановая почва,						
МКТВ-1	A	0-18	7,30	42,9±8,4	37,2±6,6	32,1±1,4	126±92
МКТВ-1-2	B	18-30	7,90	28,7±3,2	22,7±3,2	18,1±7,4	94,3±4,2
МКТВ-1-3	BC	30-50	7,45	14,6±7,7	22,7±3,2	11,2±3,6	62,4±8,8
5	точка №5, тело хвостохранилища «Талды-Булак»						
МКТВ-2	A	0-20	7,80	172,5±14,1	101,5±13,5	228,3±19,4	523±12
6	точка №6, ниже 100 м от хвостохранилища «Талды-Булак», горная темно-каштановая почва,						
МКТВ-3	A	0-20	8,10	72,9±3,1	67,2±9,6	93,2±5,1	227±42
МКТВ-3-1	B	20-40	8,40	63,8±2,4	58,2±7,2	48,2±3,7	163±6,3
МКТВ-3-2	BC	40-60	8,30	25,3±7,2	26,4±8,5	16,7±4,8	98,7±6,3
7	точка №7, район штольни на жил.площадке №17, горная луговостепная субальпийская почва						
МК17-1	A	0-20	7,15	80,9±8,0	75,0±3,2	102,8±9,3	256±42
МК17-1-2	B	20-40	8,20	73,4±8,7	65,2±4,1	89,7±8,2	166±65
8	точка №8, район штольни на жил.площадке №21, горная луговостепная субальпийская почва						
МК21-1	A	0-20	7,30	275,5±14,2	188,2±6,6	187,8±12,6	364±35
МК21-1-2	B	20-40	7,70	198,5±16,7	152,7±4,1	143,9±21,3	288±46

В точках MKTS-1 и MKTS-3, в нижних слоях (20-40 см и 40-60 см) наблюдается резкое снижение содержания радионуклидов по сравнению с верхними слоями (Рисунок.3.4.17).

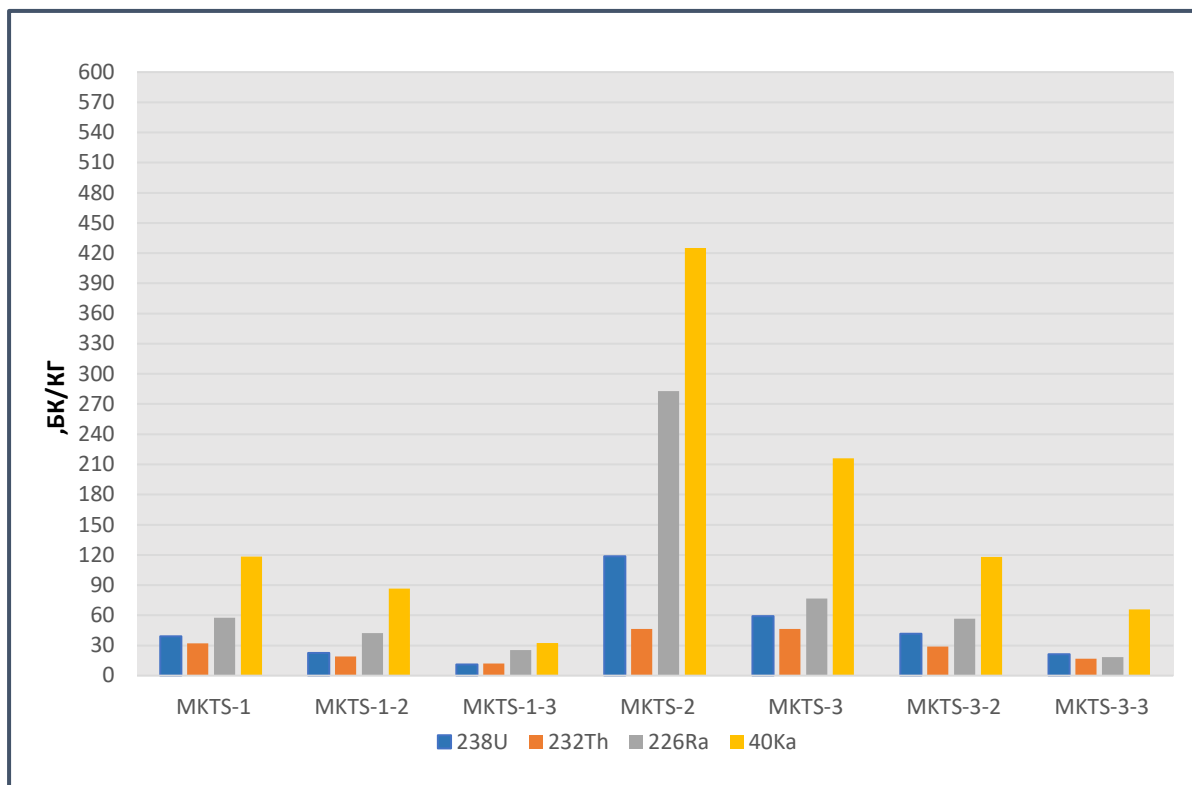


Рисунок 3.4.17 - Содержание радионуклидов по почвенному профилю (по генетическим горизонтам) почвенного покрова хвостохранилища «Туюк-Суу, 2018г.

В почвенных образцах хвостохранилища «Талды-Булак» также, в точке MKTB-2 (тело хвостохранилища) удельная активность радионуклидов на почвенных образцах составляют выше, чем в точках MKTB-1 и MKTB-3. На этой точке удельная активность ²³⁸U составила 172,5±14,1Бк/кг, ²³²Th - 101,5±13,5 Бк/кг, ²²⁶Ra – 228,3±19,4 Бк/кг, показатель удельной активности ⁴⁰К выше, чем на всех других исследуемых точках и составила 523±12 Бк/кг.

В точке MKTB-1 (глубина 0-18см): ²³⁸U - 42,9±8,4 Бк/кг, ²³²Th - 37,2±6,6 Бк/кг, ²²⁶Ra – 32,1±1,4 Бк/кг, ⁴⁰К - 126±92Бк/кг, MKTB-1-2 (глубина 18-30см): ²³⁸U - 28,7±3,2 Бк/кг, ²³²Th - 22,7±3,2 Бк/кг, ²²⁶Ra – 18,1±7,4 Бк/кг, ⁴⁰К - 94,3±4,2

Бк/кг, МКТВ-1-3 (глубина 30-50см): ^{238}U - $14,6 \pm 7,7$ Бк/кг, ^{232}Th - $22,7 \pm 3,2$ Бк/кг, ^{226}Ra - $11,2 \pm 3,6$ Бк/кг, ^{40}K - $62,4 \pm 8,82$ Бк/кг.

В точке МКТВ-3 (глубина 0-20 см): ^{238}U - $72,9 \pm 3,1$ Бк/кг, ^{232}Th - $67,2 \pm 9,6$ Бк/кг, ^{226}Ra - $93,2 \pm 5,1$ Бк/кг, ^{40}K - 227 ± 42 Бк/кг, МКТВ-3-1 (глубина 20-40 см): ^{238}U - $63,8 \pm 2,4$ Бк/кг, ^{232}Th - $58,2 \pm 7,2$ Бк/кг, ^{226}Ra - $48,2 \pm 3,7$ Бк/кг, ^{40}K - $163 \pm 6,3$ Бк/кг, МКТВ-3-2 (глубина 40-60 см): ^{238}U - $25,3 \pm 7,2$ Бк/кг, ^{232}Th - $26,4 \pm 8,5$ Бк/кг, ^{226}Ra - $16,7 \pm 4,81$ Бк/кг, ^{40}K - $98,7 \pm 6,3$ Бк/кг.

Здесь результаты анализов показывают, что в почвенных горизонтах в МКТС-3 и МКТВ-3, которые расположены ниже 100м от хвостохранилищ, в нижних слоях (20-40 см и 40-60 см) содержание радионуклидов снижается с глубиной отбора образцов, но их содержание выше по сравнению с показателями на почвенных горизонтах в точках МКТС-1 и МКТВ-1 (Рисунок.3.4.18).

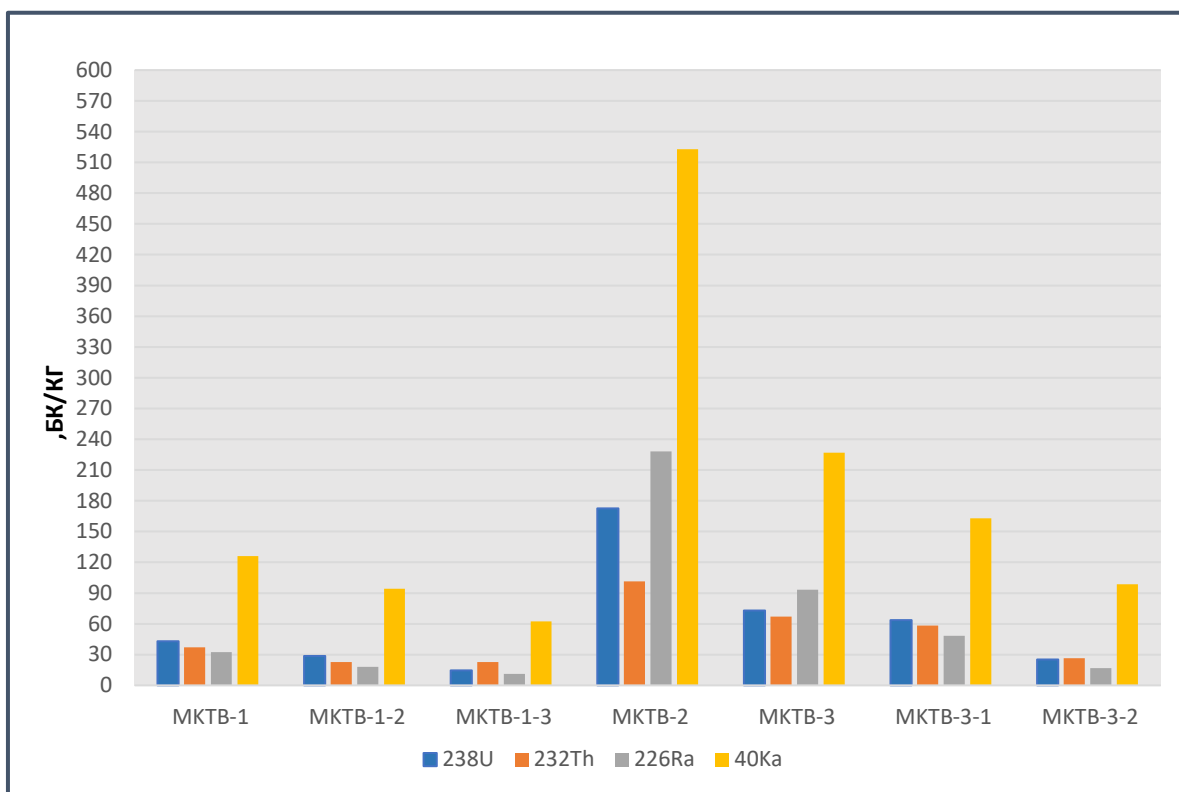


Рис. 3.4.18 - Содержание радионуклидов по почвенному профилю (по генетическим горизонтам) почвенного покрова хвостохранилища «Галды-Булак», 2018г.

В точке №7, рядом штольни на жилой площадке №17, МК17-1, (глубина 0-20см) – удельная активность ^{238}U показала $80,9\pm 8,0$ Бк/кг, ^{232}Th - $75,0\pm 3,2$ Бк/кг, ^{226}Ra – $102,8\pm 9,3$ Бк/кг, удельная активность ^{40}K показала - 256 ± 42 Бк/кг, в почвенном образце МК17-1-2, (глубина 20-40см) - ^{238}U - $73,4\pm 8,7$ Бк/кг, ^{232}Th - $65,2\pm 4,1$, ^{226}Ra – $89,7\pm 8,2$ Бк/кг, удельная активность ^{40}K составляет - 166 ± 65 Бк/кг (Рисунок 3.4.19).

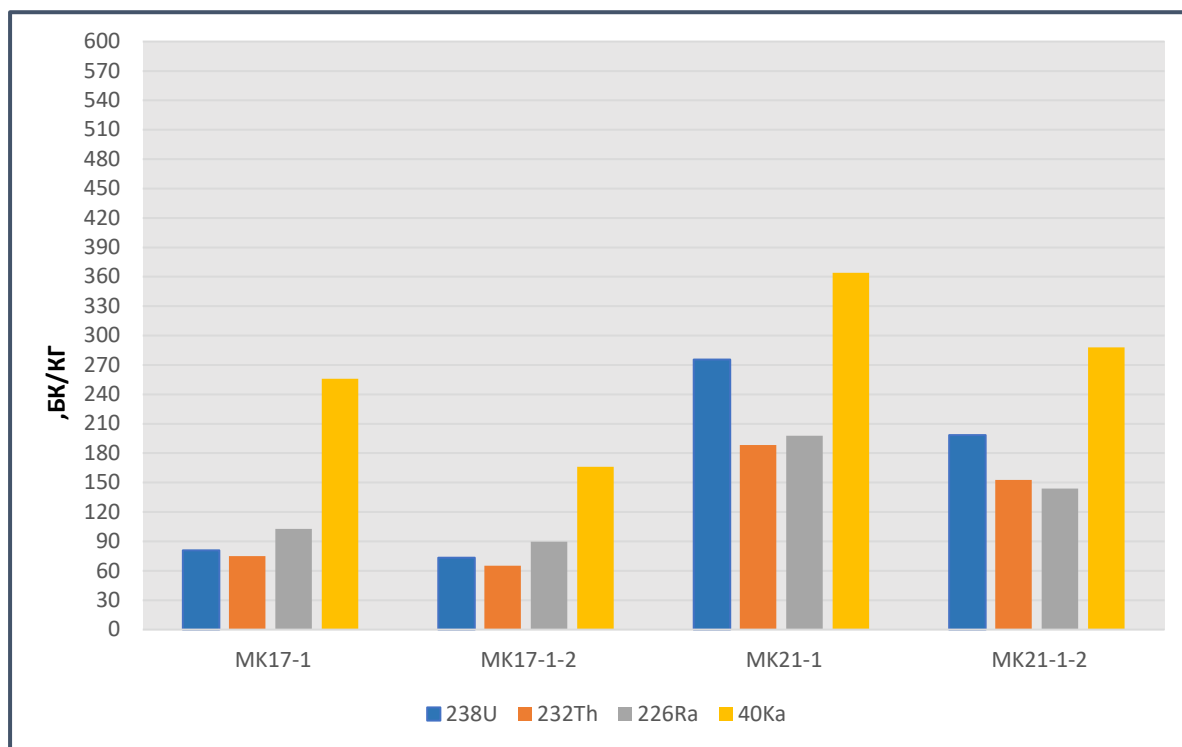


Рисунок 3.4.19 - Содержание радионуклидов по профилю (по генетическим горизонтам) горизонтam почвенного покрова штольней на жилых площадках №17 и №21, 2018г.

В точках №8, рядом штольни на жилой площадке №21, МК21-1 (глубина 0-20см) и МК21-1-2 (глубина 20-40см) – удельная активность радионуклидов ^{238}U и ^{232}Th показала выше, чем на других исследуемых точках. Так, удельная активность ^{238}U показала $275,5\pm 14,2$ Бк/кг, ^{232}Th - $188,2\pm 6,6$ Бк/кг, удельные активности ^{226}Ra – $197,8\pm 12,6$ Бк/кг и ^{40}K составляет - 264 ± 35 Бк/кг, что выше, по сравнению с точкой МК17-1. В почвенном образце МК21-1-2, (глубина 20-40см) - показатель удельной активности ^{238}U – составила $198,5\pm 16,7$ Бк/кг, ^{232}Th

- $152,7 \pm 4,1$ Бк/кг, ^{226}Ra – $143,9 \pm 21,3$ Бк/кг, удельная активность ^{40}K показала - 288 ± 46 Бк/кг.

Результаты гамма-спектрометрического анализа почв хвостохранилища «Туюк-Суу» (2019 г) показали, что на почвенном образце MKTS-2 (тело хвостохранилища) удельная активность радионуклидов ^{238}U , ^{226}Ra и ^{40}K составила выше, чем 2018г: удельная активность ^{238}U показала $126,6 \pm 68$ Бк/кг, ^{226}Ra составила $185 \pm 9,3$ Бк/кг, ^{40}K - 576 ± 35 Бк/кг, удельная активность ^{232}Th составила $57,4 \pm 4,6$ Бк/кг и показала ниже, чем 2018г (Рисунок 3.4.20).

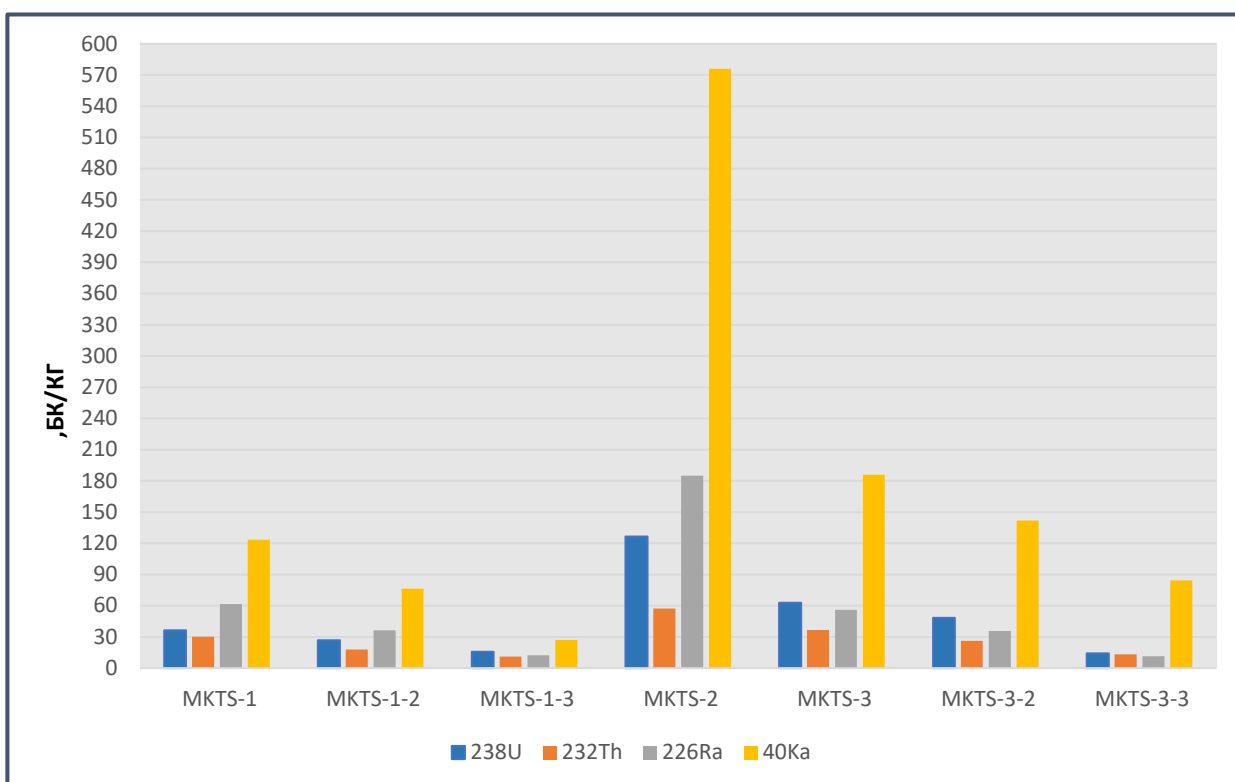


Рисунок 3.4.20 - Содержание радионуклидов по профилю (по генетическим горизонтам) горизонтал почвенного покрова хвостохранилища «Туюк-Суу», 2019г.

В точке MKTS-1 (глубина 0-25см): ^{238}U - $36,2 \pm 6,5$ Бк/кг, ^{232}Th - $30,3 \pm 6,3$ Бк/кг, ^{226}Ra – $61,6 \pm 8,9$ Бк/кг, ^{40}K - 123 ± 35 Бк/кг, в MKTS-1-2 (глубина 25-50см): ^{238}U - $26,8 \pm 4,8$ Бк/кг, ^{232}Th - $17,8 \pm 4,2$ Бк/кг, ^{226}Ra – $36,4 \pm 3,1$ Бк/кг, ^{40}K –

76,2±4,7Бк/кг, в МКТС-1-3 (глубина 50-70см): ^{238}U -15,8±3,4Бк/кг, ^{232}Th - 11,1±7,7 Бк/кг, ^{226}Ra – 12,5±3,7 ,Бк/кг, ^{40}K – 27,2±7,2 Бк/кг.

В точке МКТС-3 (глубина 0-25 см): ^{238}U – 62,9±8,7 Бк/кг, ^{232}Th - 36,5±5,3 Бк/кг, ^{226}Ra – 55,9±7,7 Бк/кг, ^{40}K - 186±23 Бк/кг, в почвенном образце МКТС-3-2 (глубина 25-50 см): ^{238}U – 48,4±3,8 Бк/кг, ^{232}Th - 26,1±7,2 Бк/кг, ^{226}Ra – 35,7±4,1 Бк/кг, ^{40}K - 142±4,7 Бк/кг и в МКТС-3-3 (глубина 50-70см): ^{238}U – 14,2±3,7 Бк/кг, ^{232}Th - 13,3±3,7 Бк/кг, ^{226}Ra – 11,5±5,8 Бк/кг, ^{40}K – 84,4±2,6 Бк/кг.

В почвенных образцах хвостохранилища «Талды-Булак», в точке МКТВ-2 (тело хвостохранилища) удельная активность радионуклидов на почвенных образцах также показала минимальную разницу по сравнению с 2018 г. На этой точке удельная активность ^{238}U составила 182,2±11,9 Бк/кг, ^{232}Th - 96,1±45,3 Бк/кг, ^{226}Ra – 235,4±28,7 Бк/кг, показатель удельной активности ^{40}K составила 502±13Бк/кг.

В точке МКТВ-1 (глубина 0-20см): удельная активность ^{238}U - 40,1±2,7 Бк/кг, ^{232}Th - 27,8±3,4 Бк/кг, ^{226}Ra – 36,8±4,8 Бк/кг, ^{40}K - 138±36 Бк/кг, МКТВ-1-2 (глубина 20-40см): ^{238}U - 24,1±7,1 Бк/кг, ^{232}Th - 18,2±7,1 Бк/кг, ^{226}Ra – 24,2±8,3 Бк/кг, ^{40}K - 163±6,3 Бк/кг, МКТВ-1-3 (глубина 40-70см): ^{238}U - 15,2±8,1 Бк/кг, ^{232}Th - 21,4±6,7 Бк/кг, ^{226}Ra – 25,3±7,2Бк/кг, ^{40}K - 89,6±6,3 Бк/кг.

Результаты исследований показывают, что в точках МКТС-1 и МКТС-3, в верхних горизонтах (соответственно и в нижних слоях (20-40 см и 40-60 см) наблюдается слабое снижение содержания радионуклидов по сравнению с 2018г (табл.3.4.21).

Таблица 3.4.21 - Содержание (удельная активность) радионуклидов по профилю (по генетическим горизонтам) почвенного покрова на природно-техногенных объектах п. Мин-Куш, 2019 г.

Код проб	Генетически горизонт	Глубина образца, см	рН	^{238}U	^{232}Th	^{226}Ra	^{40}Ka
				Бк/кг			
1	точка №1, выше 200 м от хвостохранилища «Туюк-Суу», горная						

<i>темно-каштановая почва,</i>							
МКТС-1	А	0-25	7,60	36,2±6,5	30,3±6,3	61,6±8,9	123±35
МКТС-1-2	В	25-50	8,20	26,8±4,8	17,8±4,2	36,4±3,1	76,2±4,7
МКТС-1-3	ВС	50-70	7,95	15,8±3,4	11,1±7,7	12,5±3,7	27,2±7,2
2	<i>точка №2, тело хвостохранилища «Туюк-Суу»</i>						
МКТС-2	А	0-20	8,10	126,6±68	57,4±4,6	185±9,3	576±35
3	<i>точка №3, ниже 100 м от хвостохранилища «Туюк-Суу», горная темно-каштановая почва,</i>						
МКТС-3	А	0-25	8,10	62,9±8,7	36,5±5,3	55,9±7,7	186±23
МКТС-3-2	В	25-50	8,60	48,4±3,8	26,1±7,2	35,7±4,1	142±4,7
МКТС-3-3	ВС	50-70	7,95	14,2±3,7	13,3±3,7	11,5±5,8	84,4±2,6
4	<i>точка №4, выше 200 м от хвостохранилища «Талды-Булак», горная темно-каштановая почва,</i>						
МКТВ-1	А	0-20	7,45	40,1±2,7	27,8±3,4	36,8±4,8	138±36
МКТВ-1-2	В	20-40	8,10	24,1±7,1	18,2±7,1	24,2±8,3	86,3±6,7
МКТВ-1-3	ВС	40-70	7,65	12,7±5,2	11,2±5,4	15,2±3,7	45,2±7,2
5	<i>точка №5, тело хвостохранилища «Талды-Булак»</i>						
МКТВ-2	А	0-20	7,85	182,2±11,9	96,1±45,3	235,4±28,7	502±13
6	<i>точка №6, ниже 100 м от хвостохранилища «Талды-Булак», горная темно-каштановая почва,</i>						
МКТВ-3	А	0-25	7,85	63,1±4,2	67,2±9,6	111,7±7,5	289±12
МКТВ-3-1	В	25-50	8,40	48,8±7,3	42,7±1,9	56,3±7,9	163±6,3
МКТВ-3-2	ВС	50-70	8,10	15,2±8,1	21,4±6,7	25,3±7,2	89,6±6,3
7	<i>точка №7, район штольни на жил.площадке №17, горная лугово-степная субальпийская почва,</i>						
МК17-1	А	0-20	7,45	98,3±8,2	89,2±8,3	116,7±6,3	211±42
МК17-1-2	В	20-40	7,20	78,3±2,2	69,4±7,4	99,4±5,7	169±34
8	<i>точка №8, район штольни на жил.площадке №21, горная лугово-степная субальпийская почва,</i>						
МК21-1	А	0-20	7,65	260,2±23,6	190,4±5,7	205,3±36,6	320±56
МК21-1-2	В	20-40	7,50	186,5±45,2	172,2±9,5	156,1±24,7	250±24

В точке МКТВ-3 (глубина 0-25 см): удельная активность ^{238}U показала $63,1\pm4,2$ Бк/кг, ^{232}Th - $67,2\pm9,6$ Бк/кг, ^{226}Ra - $111,7\pm7,5$ Бк/кг, ^{40}K - 289 ± 12 Бк/кг, в МКТВ-3-1 (глубина 25-40 см): ^{238}U - $48,8\pm7,3$ Бк/кг, ^{232}Th - $42,7\pm1,9$ Бк/кг, ^{226}Ra - $56,3\pm7,9$ Бк/кг, ^{40}K - $163\pm6,3$ Бк/кг, МКТВ-3-2 (глубина 50-70 см): ^{238}U - $25,3\pm7,2$ Бк/кг, ^{232}Th - $26,4\pm8,5$ Бк/кг, ^{226}Ra - $16,7\pm4,81$ Бк/кг, ^{40}K - $98,7\pm6,3$ Бк/кг (Рисунок 3.4.21).

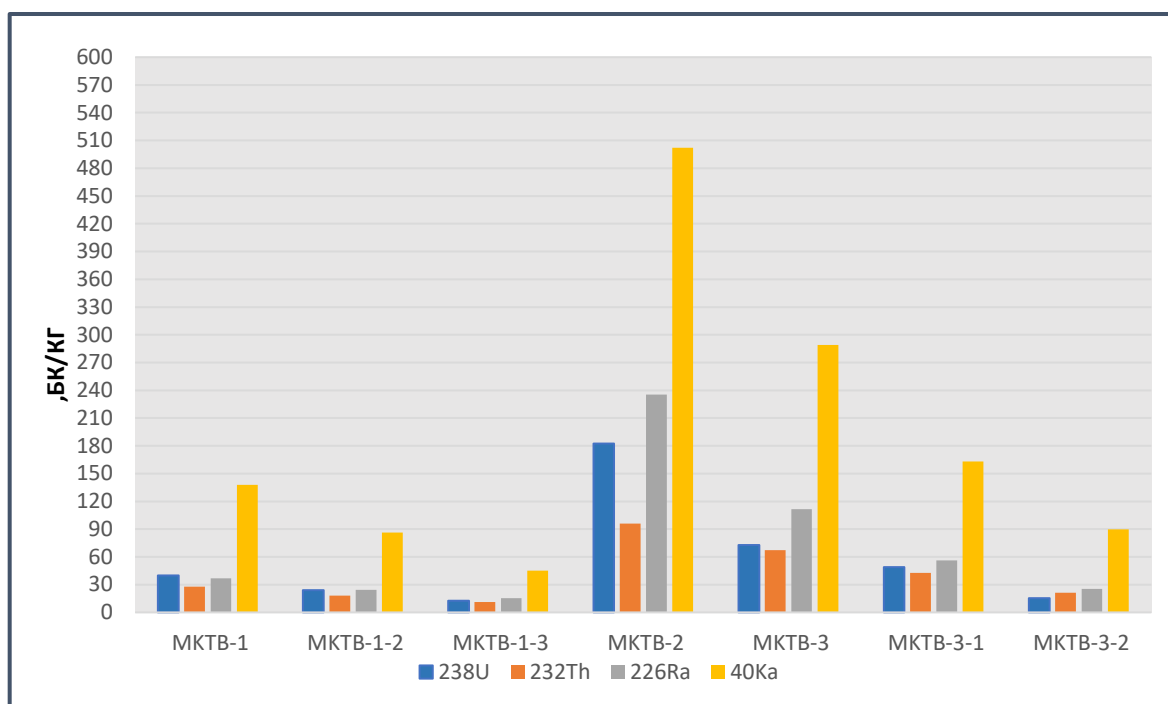


Рисунок 3.4.21 - Содержание радионуклидов по профилю (по генетическим горизонтам) почвенного покрова хвостохранилища «Галды-Булак», 2019г

В точке №7, рядом штольни на жилой площадке №17, МК17-1, (глубина 0-20см) – удельная активность ^{238}U показала $98,3 \pm 8,2$ Бк/кг, ^{232}Th - $89,2 \pm 8,3$ Бк/кг, ^{226}Ra – $116,7 \pm 6,3$ Бк/кг, удельная активность ^{40}K показала - 211 ± 42 Бк/кг, в почвенном образце МК17-1-2 (глубина 20-40см): ^{238}U - $78,3 \pm 2,2$ Бк/кг, ^{232}Th - $69,4 \pm 7,4$ Бк/кг, ^{226}Ra – $99,4 \pm 5,7$ Бк/кг, удельная активность ^{40}K составляет - 169 ± 34 Бк/кг (Рисунок 3.4.22).

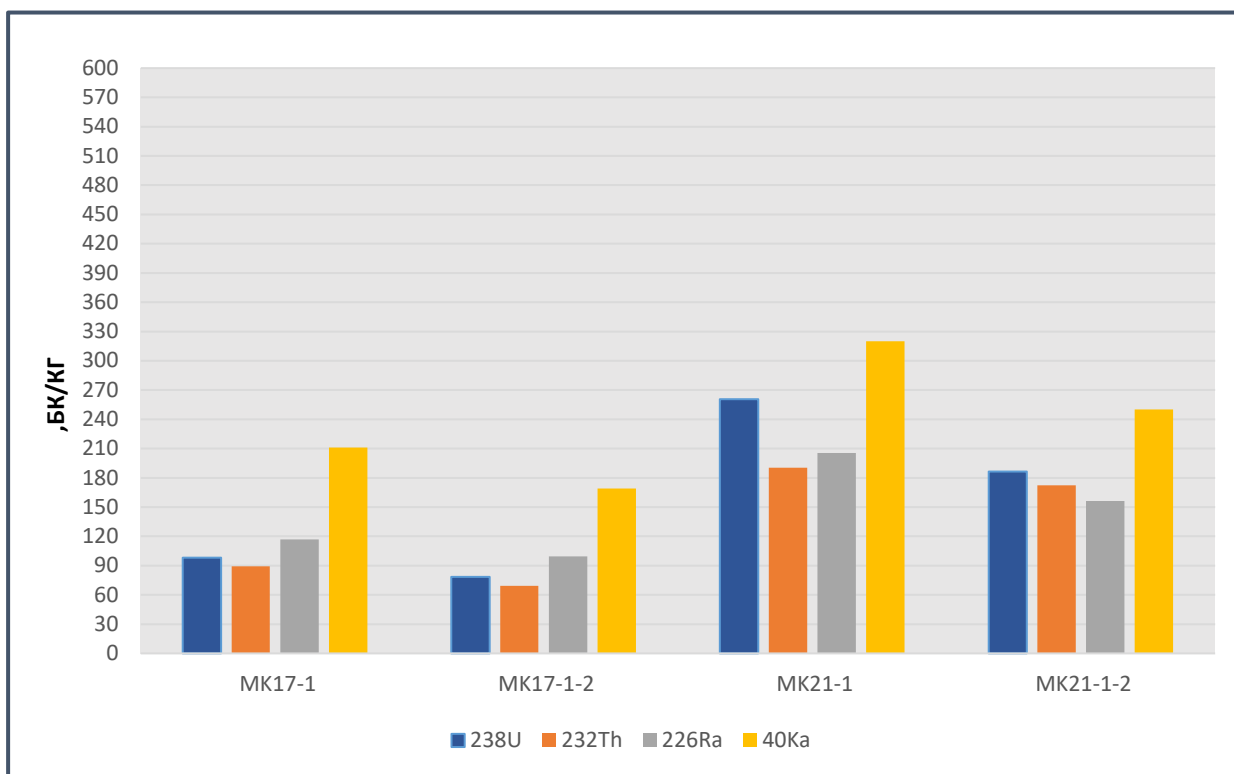


Рисунок 3.4.22 - Содержание радионуклидов по профилю (по генетическим горизонтам) почвенного покрова штольной на жилых площадках №17 и 21, 2019г.

В точке №8, рядом штольни на жилой площадке №21, удельная активность радионуклидов в МК21-1 (глубина 0-20см) ²³⁸U показала 260,5±23,6 Бк/кг ²³²Th - 190,4±5,7 Бк/кг, а удельные активности ²²⁶Ra – 205,3±36,6 Бк/кг, а удельная активность ⁴⁰K показала - 320±56 Бк/кг, что чуть выше, по сравнению с 2018г. В почвенном образце МК21-1-2 (глубина 20-40 см) - показатель удельной активности ²³⁸U – составила 186,5±45,2 Бк/кг, ²³²Th - 172,2±9,5, Бк/кг ²²⁶Ra – 156,1±24,7 Бк/кг, удельная активность ⁴⁰K показала - 250±24 Бк/кг

В итоге, результаты гамма-спектрометрического анализа показали, что в профилях почв наблюдается неравномерное распределение радионуклидов и накопление их в гумусово-аккумулятивном горизонте.

Литературные данные свидетельствуют, что интенсивное и прочное поглощение в почвах урана, радия и тория происходит в основном за счет органического вещества и глинистых минералов [118].

Во всех отобранных горных темно-каштановых почвах (район хвостохранилищ «Туюк-Суу» и «Талды-Булак»), где наблюдается резкое снижение содержания радионуклидов в нижних 20-40 см и 40-60 см слоях, по сравнению с горных лугово-степных субальпийских почв (район штольни №17 и №21).

Установлено, что с увеличением содержания органического вещества в почве повышается и содержание радионуклидов, а их миграционная способность падает, так как радиоактивные элементы могут связываться с органическим веществом, например образовывать комплексы с гуминовыми кислотами [82].

В этих обследованных горных темно-каштановых почвах содержание гумуса в верхнем горизонте составляет до 6,17 %, а миграция веществ в профиле почв происходит в условиях щелочной реакции среды и карбонатных систем.

В точках штольни №17 и №21 (на горных лугово-степных субальпийских почвах) максимальный вынос радионуклидов в нижний горизонт наблюдается для ^{238}U , ^{232}Th (сравнительно со всеми исследуемыми точками). Накопление в верхних горизонтах почв наиболее характерно для ^{226}Ra и ^{40}K .

Содержание гумуса в верхнем горизонте горных лугово-степных субальпийских почв составляет до 4,88% гумуса, по механическому составу от легко до среднесуглинистая супесчаная.

Сравнение полученных значений удельной активности радионуклидов почвенных образцов 2018г и 2019г по почвенным горизонтам на хвостохранилищах «Туюк-Суу» (Рисунок 3.4.23), «Талды-Булак» (Рисунок.3.4.24), на штольнях №17 и 21 (Рисунок 3.4.25), показало, что разница минимальная.

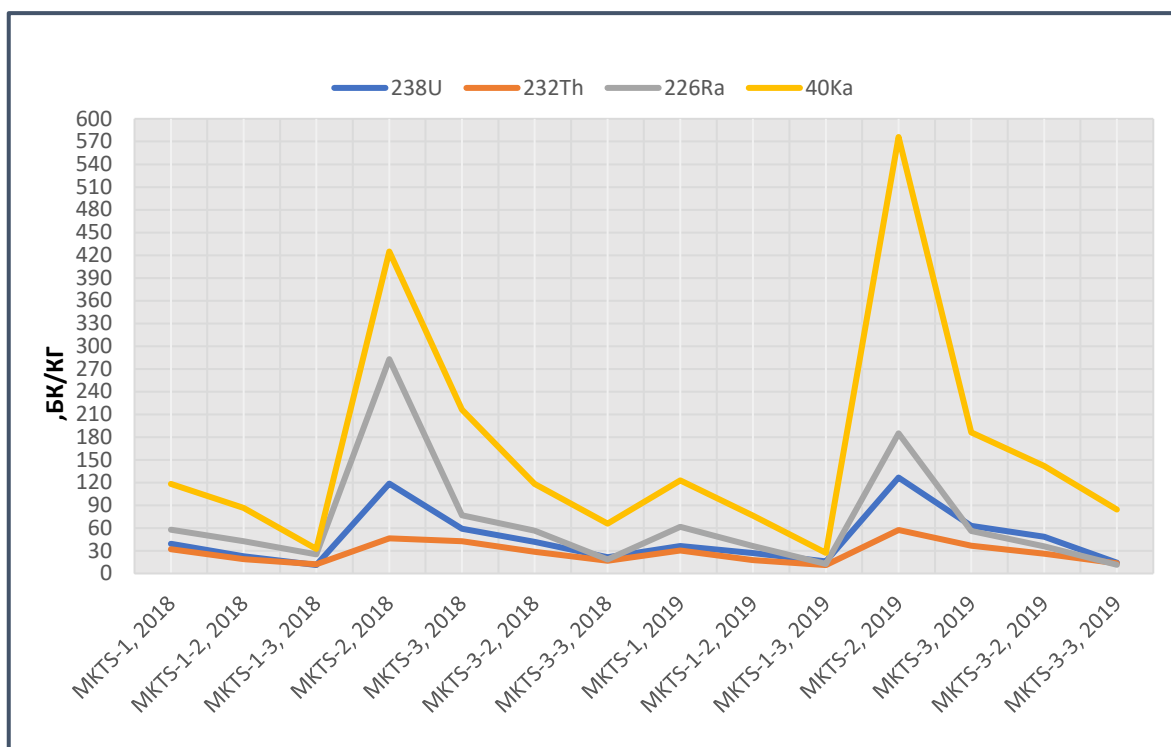


Рисунок 3.4.23 - Сравнительный анализ содержания радионуклидов по профилю (по генетическим горизонтам) почвенного покрова хвостохранилища «Туюк-Суу» по 2018 и 2019гг.

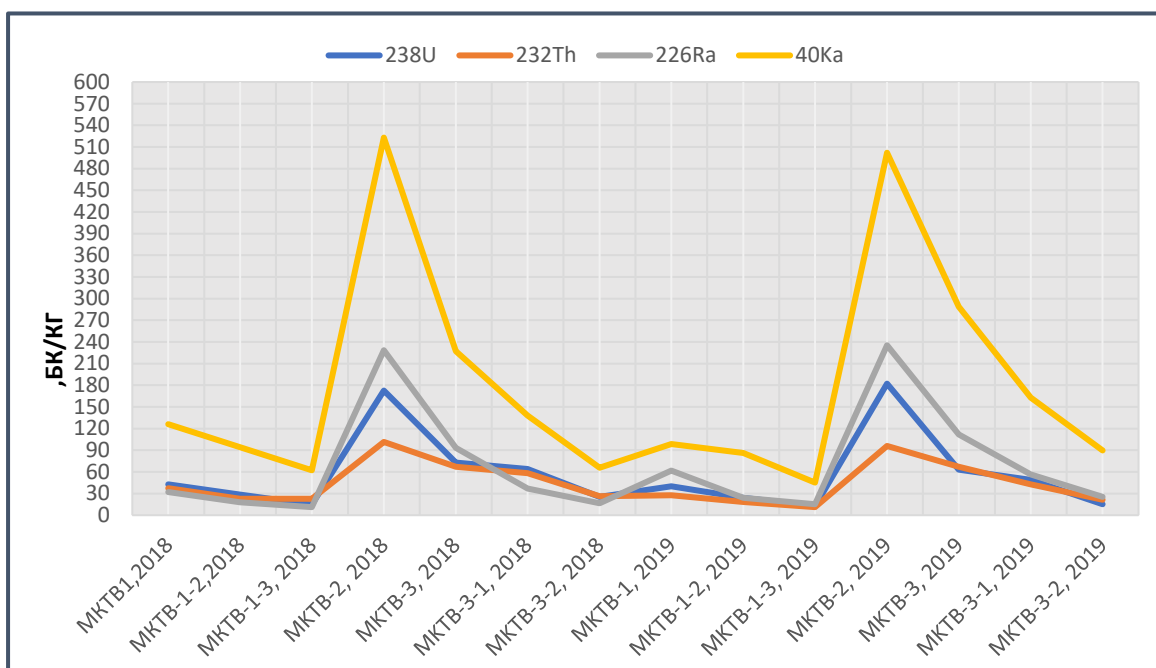


Рисунок 3.4.24 Сравнительный анализ содержания радионуклидов по профилю (по генетическим горизонтам) почвенного покрова хвостохранилища «Талды-Булак» по 2018 и 2019гг.

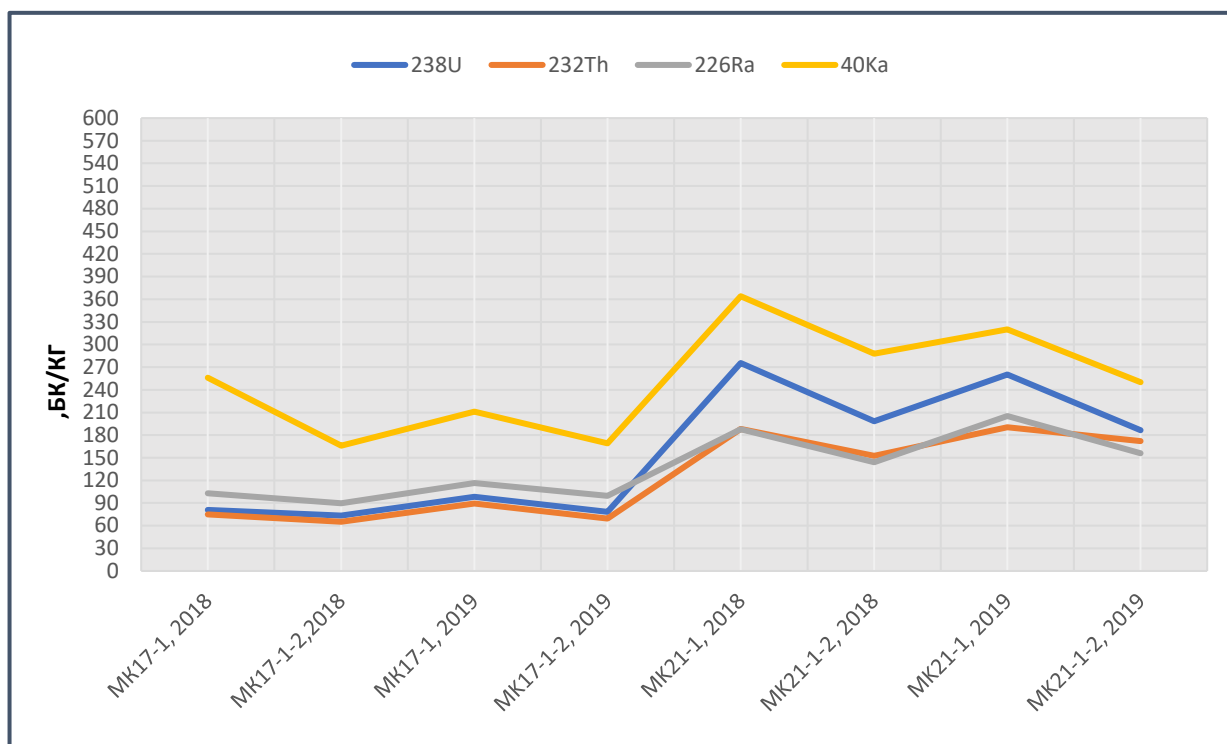


Рисунок 3.4.25 - Сравнительный анализ содержания радионуклидов по профилю (по генетическим горизонтам) почвенного покрова вблизи штольнях №17 и №21 по 2018 и 2019гг.

Распределение естественных радионуклидов в горных темно-каштановых и горных лугово-степных субальпийских почв в профиле имеет общие черты: среди максимумов наивысшая активность радионуклидов характерна для верхних дерновых гумусово-аккумулятивных горизонтов, а вниз по профилю наблюдается снижение активности радионуклидов. Однако, можно отметить закономерность прямой зависимости распределения радионуклидов по почвенному профилю от содержания органического вещества в почвах и механического состава.

3.5. Эколого-биогеохимическое состояние почвенного покрова урановой природно-техногенной провинции Мин-Куш

Основу структуры почвенного покрова на исследуемой территории образуют горные темно-каштановые и горные лугово-степные субальпийские типы почв. Исследуемые почвы маломощные с залеганием каменисто-галечниковых отложений с глубины 20-50см, противоэрозионно не устойчивые, распыленные, лессовидные с низкой прочностью почвенных агрегатов. Эти почвы данного региона местное население часто используют как сезонное пастбище.

В п. Мин-Куш, в осенне-весенний период, на территории хвостохранилищ местные жители пасут скот. (Фото 3.5. 22).



Фото 3.5. 22 - Выпас скота на хвостохранилище «Как»

Данное обстоятельство требует провести анализ состояния загрязнения грунтов покрытия, травы, а также молока и мяса животных, которые регулярно выпасаются на хвостохранилищах и пьют воду из дренажей бывших урановых объектов, на предмет возможного загрязнения [66].

В исследуемом районе заметны следы овражной эрозии, которая возникает под воздействием сезонных осадков, талых вод, которые не успевают впитываться почвой [рис.3.32, 3.33]. Эти два эрозионных лога образовались за счёт пропуска через себя ливневых осадков.



Фото 3.5. 23, 24 Следы овражной эрозии почв на территории п. Мин-Куш

На территории п. Мин-Куш вследствие антропогенных воздействий (деятельность угледобывающих предприятий, рудники, шахты, отвалы) наблюдается локальное разрушение почвенного и растительного покрова.

В настоящее время на территории п. Мин-Куш разрабатываются несколько буроугольных месторождений. На всех этих участках работы по добыче угля ведутся открытым способом (Фото 3.5. 25, 26, 27, 28).

К настоящему времени почти все участки вдоль дорог подвержены деградации; на некоторых участках, где ведутся работы, заметны явные признаки эрозии почв и следы небольших селей. А при расширении участков с деградированным растительным покровом и почв, приведет в будущем к возникновению селей и оползней на большой территории [72].



Фото - 3.5.25, 26, 27, 28 - Угольные карьеры и отвалы на территории п. Мин-Куш

В результате добычи угля открытым способом и складировании отходов на территории п. Мин-Куш происходит дегредация (промышленная эрозия) почвенного покрова. Поскольку карьеры вместе с почвой уничтожают растительность, почва лишается естественных средств защиты от водной и ветровой эрозии. Таким образом, природная среда п. Мин-Куш с каждым годом испытывает все более и более возрастающее техногенное воздействие со стороны угледобывающей отрасли.

Деятельность предприятий горнодобывающей промышленности является одной из активных форм техногенного воздействия на окружающую среду, в которой в той или иной степени изменяются почти все природные компоненты.

Разведка, добыча, переработка и использование минерально-сырьевых ресурсов сопровождается определенными, неизбежными, прямыми и косвенными изменениями в геологической среде, что приводит к формированию нарушенных земель разного типа, масштаба и генезиса [106].

Хотя руды Мин-Куша считаются средними по содержанию урана, в поселке вполне официально обнаружили большие уровни загрязнения, особенно на отвалах. Что касается самих отвалов, они настолько разрушены ветром, дождями и талыми водами, что включены в национальную программу (НПООС), разработанную в 1995 году. Отвалы отработанной породы, спускаясь по склонам контактируют с горными ручьями и речками, воды которых (обогащенные ТМ) используются при поливе, в некоторых местах для питьевых назначений и являются дополнительным источником загрязнения окружающей среды [64, 114].

На территории п. Мин-Куш заскладирован большой объем отвалов пустых пород (Фото 3.5.29 и 35.30).

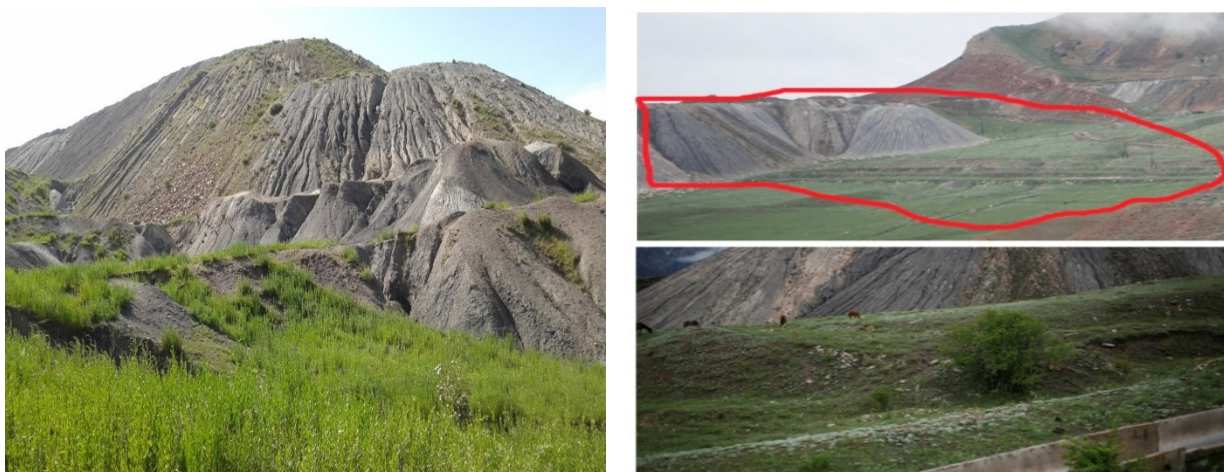


Фото - 3.5.29, 30. Отвалы пустых пород в п. Мин-Куш

Анализируя приведенных данных, можно считать, что экологическими проблемами, вызванными техногенным воздействием на территории п. Мин-Куш являются:

- Деградация почвенно-растительного покрова;
- Пылевое загрязнение почвы;

- Нарушение природного ландшафта высокогорья различными горными разработками;
- Эрозия в районе старых отвалов;
- Локальное превышение радиоактивного фона;
- Старые отвалы урановых рудников часто содержат включения ураносодержащих руд и поэтому являются источниками выделения радона.

Следует отметить хрупкость почвенного покрова горных субрегионов биосферы. Он обладает малой мощностью (от 20 до 50 см), а его сохранность зависит от экологического равновесия в горах и от непредсказуемых последствий природных и техногенных катастроф на прилегающей территории.

Территория поселка Мин-Куш была определена Правительством Кыргызской Республики как участки, нуждающиеся в рекультивации, реализуемой проектом «Международная целевая программа Содружества Независимых Государств «Рекультивация урановых горнорудных территорий», финансируемого Европейской комиссией. Задачей этого проекта являлась – рекультивация законсервированного уранового рудника, т.е. улучшение экологической и социальной ситуации в этом регионе, которые включены следующие объекты в п. Мин-Куш:

- Горные отвалы;
- Подземные горные выработки, такие как шахты и штольни;
- Старая горнорудная инфраструктура и сооружения;
- Зона старого комбината по обогащению урана;

Таким образом, в рамках этого проекта в 2021г, на территории п. Мин-Куш рекультивированы природно-техногенные объекты такие как:

- Штольня на территории жилой площадки №17 [фото 3.5.31, 3.5.32];
- Штольня на территории жилой площадки №21 [фото 3.5.33, 3.5.34];
- Территория старого обогатительного комбината [фото 3.5.35, 3.5.36];



Фото. 3.5. 31, 32. Штольня на жилой площадке №17 (до и после рекультивации)



Фото.3.5. 33, 34. Штольня на жилой площадке №21 (до и после рекультивации)



Фото 3.5.35, 36. Территория старого обогатительного комбината (до и после рекультивации)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что доза радиационного фона на территории урановой природно-техногенной провинции Мин-Куш не превышает норм радиационной безопасности (60 мкР/час), за исключением хвостохранилищ «Туюк-Суу», «Талды-Булак» и «Дальний», где мощность дозы гамма-излучения составляет 250-350 мкР/час, а в местах нарушенного защитного слоя до 1200 мкР/час.
2. Определено качественное состояние почвенного покрова и составлена почвенная карта-схема. Качественное состояние горных темно-каштановых почв оценено в 40-45 баллов и отнесено к классу средних. Качественное состояние горных лугово-степных субальпийских почв оценено в 30-45 баллов и отнесено к классу ниже средних. Подтверждено, что эти почвы различаются физико-химическими свойствами в зависимости от генетической принадлежности и от ландшафтно-геохимических условий.
3. Содержание микроэлементов в почвенном покрове на территории урановой природно-техногенной провинции Мин-Куш находится в пределах фоновых значений, за исключением почв хвостохранилищ «Туюк-Суу» и «Дальний», штольной на жилых площадках №17 и 21, где отмечены повышенные концентрации микроэлементов: Mn, Co, Ni, Ti, Cr, Pb по сравнению с ПДК и биогеохимическими критериями.
4. Установлено, что в почвах отдельных природно-техногенных участков удельная активность естественных радионуклидов превышает кларковые значения: ^{238}U в 10-15 раза, ^{226}Ra в 15-20 раза, ^{232}Th и ^{40}K в 1-1,5 раза. Определено миграционные различия в поведении естественных радионуклидов на различных глубинах почвенного профиля.
5. Определено, что эколого-биогеохимическое состояние почвенного покрова урановой природно-техногенной провинции Мин-Куш является относительно стабильной, за исключением территорий, подверженным антропогенным и природным воздействиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдылдаев, А. А. Проблемы радиационной медицины Кыргызстана в условиях глобального потепления [Текст] / А. А. Абдылдаев. – Бишкек: Учкун, 2009. – 232 с.
2. Абдуллаев, М. А. Миграция искусственных и естественных радионуклидов в системе почва-растение [Текст] / М. А. Абдуллаев, Дж. А. Алиев. – Баку: Элм, 1998. – 240 с.
3. Агрехимические методы исследования почв [Текст]. – М.: Наука, 1972. – 656 с.
4. Агеенко, Г. К. Роль рекультивации нарушенных земель в решении экологических проблем Кемеровской области [Текст] / Г. К. Агеенко // Проблемы обеспечения экологической безопасности в Кузбасском регионе: в 3-х кн. – Кемерово, 2005. – Кн. 3. – С. 76-85.
5. Азимова, З. Х. О методиках атомно-абсорбционного определения свинца в окружающей среде [Текст] / З. Х. Азимова, К. Х. Жунусова, Р. А. Машурова // Вестн. АН Каз ССР. – 1980. – № 11. – С. 28-30.
6. Айтматов, И. Т. Геоэкологические проблемы в горнопромышленном комплексе Кыргызстана [Текст] / И. Т. Айтматов, И. А. Торгоев, Ю. Г. Алешин // Наука и новые технологии. – Бишкек, 1997. – № 1. – С.81-95.
7. Айтматов, И. Т. Стихийные бедствия и катастрофы в Мин-Куше остановим вместе [Текст] / И. Т. Айтматов, Ю. Г.Алешин, А. А Ермолов, И. А.Торгоев. – Бишкек: Фонд «Сорос – Кыргызстан, «НИЦ ГЕОПРИБОР», 2001.
8. Акимова, Т. А. Экология: Человек – Экономика – Биота – Среда [Текст]: учеб. для вузов / Т. А. Акимова, В. В. Хаскин. – М.: ЮНИТИ, 2001. – 566 с.
9. Алехина, В. М. Количественная оценка наличия техногенного урана в хвостохранилище КГРК [Текст] / В. М. Алехина, И. А. Васильев, С. И Идрисова [и др.] // Радиоэкологические и смежные проблемы уранового производства. – Бишкек, 2006. – С.156-162.

10. Александрова, Л. Н. Лабораторно-практические занятия по почвоведению [Текст] / Л. Н. Александрова, О. А. Найденова. – Л.: Колос, 1967. – 260 с.
11. Алексахин, Р. М. Некоторые актуальные вопросы почвенной химии естественных и искусственных радионуклидов и их накопления сельскохозяйственными растениями [Текст] / Р. М. Алексахин // Почвоведение. – М., 1975. – № 11. – С. 32-39.
12. Алексахин, Р. М. Ядерная энергия и биосфера [Текст] / Р. М. Алексахин. – М.: Энергоиздат, 1982. – 215 с.
13. Алексахин, Р. М. Тяжелые естественные радионуклиды в биосфере [Текст]: миграция и биол. действие на популяции и биогеоценозы / [Р. М. Алексахин, Н. П. Архипов, Р. М. Бархадуров и др.]. – М.: Наука, 1990. – 366 с.
14. Алексеенко, В. А. Геохимическая экология. Понятия и законы [Текст] / В. А. Алексеенко, М. С. Панин, Б. М. Дженбаев. – Бишкек: Махprint, – 2013. – 310 с.
15. Алексеев, Ю. В. Тяжёлые металлы в почвах и растениях [Текст] / Ю. В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
16. Алексеев, Ю. В. Торий в сельскохозяйственных растениях и почвах Ленинградской области [Текст] / Ю. В. Алексеев // Тр. Зап.-Ленингр. с.-х. ин-та. – 1967. – Т.105, вып.5. – С.12-18.
17. Анализ состояния объектов и загрязнения окружающей среды на площадках уранового производства в п. Минкуш (Кыргызская Республика) [Текст]. – Вена: Междунар. агенство по атом. энергии, 2014. – 48 с. – (Сер. норм МАГАТЭ по безопасности).
18. Арбузов, С. И. Геохимия радиоактивных элементов [Текст]: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений, обучающихся по магистер. программе 130100.27 "Геология, поиски и разведка руд редких и радиоактивных элементов" направления подготовки 130100 "Геология и разведка полез. ископаемых / С. И. Арбузов, Л. П. Рихванов. – Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-т, 2010. – 299 с.

19. Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв [Текст] / Е. В. Аринушкина. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 488 с.
20. Атлас Киргизской ССР [Текст] / гл. ред. М. М. Адышев, Ф. Т. Каширин, С. У. Умурзаков и др. – М.: Гл. упр. геодезии и картографии при Совете Министров СССР, 1987. – Т. 1: Природные условия. – 157 с.
21. А. с. № 645055. Способ подготовки проб биологических материалов к анализу [Текст]. – 30.01.79, бюл. № 4. – 2 с.
22. Баранов, В. И. Геохимия некоторых естественных радиоактивных элементов в почвах [Текст] / В. И. Баранов, Н. Г. Морозова, К. Г. Кунашева // Почвоведение. – 1963. – № 8. – С.11-20.
23. Баранов, В. И. Радиоактивные методы и их применение в исследованиях почв [Текст] / В. И. Баранов, Н. Г. Морозова // Физико-химические методы исследования почв. – М., 1966. – С. 5.
24. Баранов, В. И. Поведение естественных радионуклидов в почвах [Текст] / В. И. Баранов, Н. Г. Морозова // Современные проблемы радиобиологии. – М., 1971. – С.13-41.
25. Безопасное управление отходами добычи и переработки урановых руд в странах Центральной Азии. Фаза 1 (2005-2006) [Текст]: отчет проекта МАГАТЭ RER 9/086. – Вена, 2008. – 164 с.
26. Белов, А. Д. Радиобиология [Текст] / А. Д. Белов, В. А. Киршин, Н.П. Лысенко [и др.]. – М.: Колос, 1999. – 384 с.
27. Буркутбаев, М. М. Методические указания к лабораторным работам по радиационной химии [Текст] / М. М. Буркутбаев // Основы гамма-спектрометрического анализа, – Алматы, 2006. – С. 48.
28. Быковченко, Ю. Г. Загрязнение биосферы техногенными отходами урана в Кыргызстане [Текст] / Ю. Г. Быковченко, Э. И. Быкова, А. И. Кыдыров // Наука и новое поколение. – Бишкек, 2003. – С. 83-93.
29. Быковченко, Ю. Г. Техногенное загрязнение ураном биосферы Кыргызстана [Текст] / Ю. Г. Быковченко, Э. И. Быкова, Т. Б. Белеков [и др.]. – Бишкек: Алтын тамга, 2005. – 171 с.

30. Быковченко, Ю. Г. Проблемы здоровья жителей урановой геохимической провинции Мин-Куш [Текст] / Ю. Г. Быковченко, Р. Р. Тухватшин, А. А. Исупова // Наука и новые технологии. – Бишкек, 2004. – № 4. – С 57-62.
31. Васильев, И. А. Радиоэкологические проблемы уранового производства [Текст] / И. А. Васильев. – Бишкек: Илим, 2006. – 107 с.
32. Вернадский, В. И. Распределение и перераспределение урана, радия, и тория в природных биогеоценозах [Текст] / В. И. Вернадский, И. Н. Верховская // Избр. соч. – М., 1984. – С. 287.
33. Вернадский, В. И. Очерки по геохимии [Текст] / В. И. Вернадский. – Л.: Горнонефтеиздат, 1934. – 217 с.
34. Вернадский, В. И. Проблемы биогеохимии [Текст] / В. И. Вернадский // Тр. биогеохим. лаб. АН СССР. – М., 1980. – Т.16. – С. 9-54.
35. Вернадский, В. И. Проблемы биогеохимии [Текст] / В. И. Вернадский // Значение биогеохимии для познания биосферы. – М.; Л., 1935. – Вып. 1. – С. 47.
36. Верховская, И. Н. Распределение и перераспределение урана, радия, и тория в природных биогеоценозах [Текст] / И. Н. Верховская, П. П. Вавилов, И. И. Маслов // Радиоэкологические исследования в природных биогеоценозах. – Сыктывкар, 1972. – С. 243-256.
37. Виноградов, А. П. Биогеохимические провинции [Текст] / А. П. Виноградов // Труды Юбил. сессии, посвящ. 100-летию со дня рождения В. В. Докучаева. – М.; Л., 1949. – С.59-68.
38. Виноградов, А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах [Текст] / А. П. Виноградов. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 238 с.
39. Влияние техногенных и природных факторов на содержание тяжелых металлов в почвах Среднего Предуралья [Текст] / Ю. Н. Водяницкий, А. А. Васильев, А. Т. Савичев, А. Н. Чащин // Почвоведение. – 2010. – № 9. – С. 1089-1099.
40. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах [Текст] / - Москва: Изд-во Акад. наук СССР, 1957. –238с.

41. Глебов, В. В. Возможности биомониторинга в оценке экологического состояния экосистем столичного мегаполиса [Текст] / В. В. Глебов, А. А. Киричук // Мир науки, культуры, образования. – М., 2014. – № 5. – С. 339-341.
42. ГОСТ 17.4.3.01- 83 «Общие требования к отбору проб почвы» [Текст].
43. ГОСТ 53123-2008 (ИСО 10381-5:2005). Качество почвы. Отбор проб [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2009. – Ч. 5: Руководство по изучению город. и промышленных участков на предмет загрязнения почвы. – 60 с.
44. ГОСТ17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 8 с.
45. Гост 17.4.4.02-84. Руководство по эксплуатации Спектрометр атомно-абсорбционный «МГА-915» [Текст].
46. Гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации и ориентировочно допустимые количества химических веществ в почве». (Утверждены Постановлением Правительства КР от 11 апреля 2016 года № 201).
47. Гришина, Л. С. Система показателей гумусового состояния почв [Текст] / Л. С. Гришина, Д. С. Орлов // Проблемы почвоведения. – М., 1978. – С. 42-47.
48. Дженбаев, Б. М. Тяжелые металлы в организме некоторых животных г.Бишкек и его окрестностей [Текст] / Б. М. Дженбаев, Б. К. Кадырова // Вестн. Кырг. гос. нац. ун-т. – Бишкек, 1999. – № 2. – С. 34-38.
49. Дженбаев, Б. М. Геохимическая экология наземных организмов [Текст] / Б. М. Дженбаев. – Бишкек: Илим, 2009. – 242 с.
50. Дженбаев, Б. М. Радиобиогеохимическая оценка современного состояния биосферной территории Иссык-Куля [текст] / Б. М.Дженбаев, Б. Т. Жолболдиев // Сборник материалов Междунар. конф.: «Биосферные территории Центральной Азии как природное наследие». – Бишкек, 2009. – С. 77-81.

51. Дженбаев, Б. М. Радиобиогеохимическая оценка современного состояния биосферной территории Иссык-Куля (Кыргызская Республика) [Текст] / Б. М. Дженбаев, Б. К. Калдыбаев, Б. Т. Жолболдиев // Международная конф. «Современные проблемы геоэкологии и сохранения биоразнообразия». – Чолпон-Ата, 2009. – С. 77-81.
52. Дженбаев, Б. М. Урановые хвостохранилища в горных условиях и проблемы снижения риска [Текст] / Б. М. Дженбаев, Б. К. Жолболдиев, Б. К. Калдыбаев // Сборник материалов междунар. конф. «Ядерная и радиационная физика». – Алматы, 2009. – С. 223.
53. Дженбаев, Б. М. Проблемы бывших урановых производств и радиоэкологии в Кыргызстане [текст] / Б. М. Дженбаев, Б. К. Калдыбаев, Б. Т. Жолболдиев // Материалы Междунар. конф. «Проблемы радиоэкологии и управления отходами уранового производства в Центральной Азии». – Бишкек, 2011. – С. 46-55.
54. Дженбаев, Б. М. Биогеохимия природных и техногенных экосистем Кыргызстана [Текст] / Б. М. Дженбаев, А. М. Мурсалиев. – Бишкек: Илим, 2012. – 404 с.
55. Дженбаев, Б. М. Проблемы радиоэкологии и радиационной безопасности бывших урановых производств в Кыргызстане [Текст] / Б. М. Дженбаев, Б. К. Калдыбаев, Б. Т. Жолболдиев // Радиационная биология. Радиоэкология. – Бишкек, 2013. – Т. 53, № 4. – С. 428-431.
56. Дженбаев, Б. М. Проблемы урановых хвостохранилищ в контексте устойчивого развития Кыргызстана [текст] / Б. М. Дженбаев, Б. Т. Жолболдиев, Б. К. Калдыбаев // Вестн. Иркут. гос. ун-та. – 2013. – № 35. – С.13.
57. Дженбаев, Б. М. Отбор проб и пробоподготовка для определения тяжелых металлов в объектах окружающей среды [Текст] / Б. М. Дженбаев. – Бишкек: Илим, 2014. – 35 с.
58. Djenbaev, B. M. Radioecological Assesment of the Uranium Tailings in Tuuyuk-Suu (Kirkizstan) [Text] / B. M. Djenbaev, B. T. Жолболдиев, О.

Voitsekhovich, T. N. Jumaliev // Journal of Geological Resource and Engineering. – USA, 2015. – Vol. 3, № 2. – P. 89-97.

59. Дженбаев, Б.М. Радиоэкологическая оценка урановых хвостохранилищ Кыргызстана [Текст] / Б. М. Дженбаев, Б. Т. Жолболдиев, Б. К. Калдыбаев, Т.Н. Жумалиев [и др.] // Исследование живой природы Кыргызстана. – Бишкек, 2018. – № 1/2. – С 69-83.
60. Дозиметрические и радиометрические методики [Текст] / под ред. Н. Г. Гусева, У. Я. Маргулиса, А. Н. Марей. – М.: Атомиздат, 1966. – 444 с.
61. Дрожжина, А. Ф. Содержание селена в кормах Чуйской долины [Текст] / А. Ф. Дрожжина // Микроэлементы в животноводстве и растениеводстве. – Фрунзе, 1986. – Вып.21. – С. 55-58.
62. Евсеева, Л. С. Геохимия урана в зоне гипергенеза [Текст] / Л. С. Евсеева, А. И. Перельман. – М.: Госатомиздат, 1962. – 238 с.
63. Ермаков, В. В. 90 лет биогеохимии в России [Текст] / В. В. Ермаков // Современные тенденции развития биогеохимии. Тр. биогеохим. лаб. – М., 2016. – Т. 25. – С 34-58.
64. Жумалиев, Т. Н. Краткая радиоэкологическая характеристика ураново-техногенной провинции Мин-Куш [Текст] / Т. Н. Жумалиев // Исследование живой природы Кыргызстана. – Бишкек, 2012. – № 1. – С 91-94.
65. Жумалиев, Т. Н. Современное состояние почвенного покрова урановой природно-техногенной провинции Мин-Куш [Текст] / Т. Н. Жумалиев, Б. М. Дженбаев // Биогеохимия техногенеза и современные проблемы геохим. экологии. – Барнаул, 2015. – С.292-296.
66. Жумалиев, Т. Н. Радиологическая съемка ураново-природно-техногенных объектов в п. Мин-Куш [Текст] / Т. Н. Жумалиев, Б. М. Дженбаев, Б.Т. Жолболдиев, О.В. Войцехевич // Изв. Нац. АН Кырг. Респ. – 2015. – № 2. – С. 53-59.
67. Жумалиев, Т. Н. Токсические элементы в урановой природно-техногенной провинции Мин-Куш [Текст] / Т. Н. Жумалиев, Б. М. Дженбаев //

- Исследование живой природы Кыргызстана. – Бишкек, 2015. – № 1. – С. 38-41.
68. Жумалиев, Т. Н. Современное состояние почвенно-растительного покрова ураново-техногенной провинции Мин-Куш [Текст] / Т. Н. Жумалиев, Б. М. Дженбаев, А. К. Усупбаев // Материалы XXXI междунар. науч.-практ. конф. «Modernscience: theoretical and practical look». – М., 2018. – С. 50-55.
69. Жумалиев, Т. Н. Современное экологическое и биогеохимическое состояние урановой-техногенной провинции Мин-Куш [Текст] / Т. Н. Жумалиев, Б. М. Дженбаев // Изв. Нац. АН Кырг. Респ. – 2018. – № 3. – С. 71-77.
70. Жумалиев, Т. Н. Оценка содержания радионуклидов в почвах хвостохранилищ на территории п. Мин-Куш [Текст] / Т. Н. Жумалиев, Б. Т. Жолболдиев, Э. А. Тердикбаев // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – 2018. – № 6. – С. 33-36.
71. Жумалиев, Т. Н. Радиоактивные элементы в почвах ураново-техногенной провинции Мин-Куш [Текст] / Т. Н. Жумалиев, Б. М. Дженбаев // Уч. зап. Крым. Федерал. ун-та им. В.И. Вернадского. Сер. География. Геология. – Крым, 2018. – С. 220-225.
72. Жумалиев, Т. Н. Влияние угольных предприятий на окружающую среду в п. Мин-Куш [Текст] / Т. Н. Жумалиев // Нефть и окружающая среда. Материалы Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Омск, 2018. – С. 53-56.
73. Жумалиев, Т. Н. Влияние горнодобывающих предприятий на почвенный покров в поселке Мин-Куш [Текст] / Т. Н. Жумалиев // Экол. вестн. Север. Кавказа.– Кубань, 2018. – Т. 15, № 1. – С. 14-20.
74. Жумалиев, Т. Н. Оценка водно-экологического состояния урановых природно-техногенных провинций Мин-Куш [Текст] / Т. Н. Жумалиев // Вода: химия и экология. – М., 2019. – № 10/12. – С. 53-56.

75. Калдыбаев, Б. К. Эколого-биогеохимическая оценка современного состояния природно-техногенных экосистем Прииссыккуля [Текст] / Б. К. Калдыбаев. – Бишкек: Олимп, 2012. – 246 с.
76. Карпачев, Б. Оценка радио - экологического состояния хвостохранилищ и отвалов [Текст] / Б. Карпачев, С. Менг // Экол. вестн. – 2001. – № 4. – С.14-15.
77. Карпов, Ю. А. Методы пробоотбора и пробоподготовки [Текст] / Ю. А. Карпов, А. П. Савостин. – М.: Бином, Лаб. знаний, 2003. – 243 с.
78. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях [Текст]: пер. с англ. / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
79. Каширин, Ф. Т. Кавакский угольный бассейн: геология, угленосность, преспективы освоения [Текст] / Ф. Т. Каширин. – Фрунзе: Илим, 1990. – 172 с.
80. Определение активности естественных радионуклидов в объектах окружающей среды [Текст]: метод. пособие. – Киев, 1992. – 62 с.
81. Ковальский, В. В. Геохимическая экология [Текст] / В. В. Ковальский. – М.: Наука, 1974. – 299 с.
82. Козлова, А. А. Радиоактивные элементы в почвах Южного Предбайкалья». Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека [Текст] / А. А.Козлова, Г. С. Швецов // Материалы II Междунар. конф. – Томск, 2004. – С. 272 -273.
83. Крылов, А. Я. Радиоактивность различных комплексов пород хребта Тескей Ала-Тау [Текст] А. Я. Крылов // Геохимия. – 1958. – № 3.
84. Кузин, А. М. Природный радиоактивный фон и его значение для биосферы Земли [Текст] / А. М. Кузин. – М.: Наука, 1991. – 117 с.
85. Куликов, Н. В. Радиоэкология почвенно - растительного покрова [Текст] / Н. В. Куликов, И. В. Молчанова, Е. Н. Караваева. – Свердловск: Ин-т экологии растений и животных, 1990. – 172 с.
86. Левит, С. Я. Техногенные аномалии тяжелых металлов на нарушенных землях [Текст] / С. Я. Левит, Г. Г.Карташева, А. К. Нарбутаев // Сборник

- материалов 2-й Всесоюз. конф. «Тяжелые металлы и охрана природы». – Ч.1. – С. 110-113.
87. Мамытов, А. М. Почвенное районирование Киргизии [Текст] / А. М. Мамытов, Г. И. Ройченко. – Фрунзе: Изд-во АН КиргССР, 1961. – 155 с.
88. Почвы Киргизии (систематическая и диагностическая характеристика) [Текст] / [А. М. Мамытов, Г. И. Ройченко, Н. К. Баженов и др.]. – Фрунзе: Кыргызстан, 1966. – 222 с.
89. Мамытов, А. М. Агрохимические свойства почв Киргизии [Текст] / А. М. Мамытов, И. В. Опенлендер. – Фрунзе: Илим, 1969. – 132 с.
90. Мамытов, А. М. Почвы Киргизской ССР [Текст] / А. М. Мамытов. – Фрунзе.: Илим, 1974. – 417 с.
91. Методические указания по бонитировке почв в Кыргызской Республике [Текст] / А. М. Мамытов, С. И. Воронов, К. Э. Эсенбаев [и др.] – Бишкек: Нац. АН Кырг. Респ., 1997. – 32 с.
92. Мамытов, А. М. Почвенные ресурсы и вопросы земельного кадастра Кыргызской Республики [Текст] / А. М. Мамытов. – Бишкек: Кыргызстан, 1996. – 240 с.
93. Менг, С. В. Проблемы хвостохранилищ и горных отвалов урановых руд в Кыргызской Республике [Текст] / С. В. Менг // Проблемы спектрометрии и спектроскопии. – Екатеринбург, 2002. – Вып. 11. – С.126-132.
94. Минкина, Т. М. Взаимодействие тяжелых металлов с органическим веществом чернозема обыкновенного [Текст] / Т. М. Минкина, Г. В. Мотузова // Почвоведение. – 2006. – № 7. – С.804-805.
95. Молчанова, И. В. Научно-методические основы радиоэкологических исследований почвенно-растительного покрова [Текст] / И. В. Молчанова, Е. Н. Караваева, Л. Н. Михайловская // Материалы II Междунар. конф. «Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека. – Томск, 2004. – С. 405.

96. Моисеенко, Т. И. Антропогенно-индуцированные процессы в современной биосфере и стратегия рационального природопользования [Текст] / Т. И. Моисеенко // Труды биогеохим. лаб. – М., 2016. – Т. 25. – С. 59-69.
97. Мониторинг и надзор за бывшими предприятиями по добыче и переработке урана и тория. Сер. норм МАГАТЭ по безопасности [Текст]: SRS-27. – Вена, 2002. – 58 с.
98. Николаев, А. В. Краткий курс радиохимии [Текст] / А. В. Николаев. – М.: Высш. шк., 1969. – 334 с.
99. Николаев, В. Д. Отчёт об инженерных изысканиях для разработки ТЭР «Перенос хвостохранилища «Туюк-Суу» на хвостохранилища «К» и «Д» [Текст] / В. Д. Николаев, Ж. И. Лыков // Фонды СФ ВНИПИПТ (Среднеазиатского фил. ВНИПИПромтехнологии). – Ташкент, 1992. – С. 48.
100. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). СП 2.6.1.758-99 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: docs.cntd.ru/document/1200003972. – Загл. с экрана.
101. Обращение с радиоактивными отходами, образующимися при добыче и переработке руд. Сер. норм МАГАТЭ по безопасности [Текст]: рук. № WS-G-1.2. – Вена: Междунар. агенство по атом. энергии, 2005. – 60 с.
102. Определение активности естественных радионуклидов в объектах окружающей среды [Текст]: метод. пособие. – Киев, 1992. – 62.
103. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99). СП 2.6.1.799-99 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/e3a/4294849130.pdf>. – Загл. с экрана.
104. Осмонбетов, К. Проблемы хвостохранилищ и горных отвалов в Кыргызской Республике [Текст] / К. О. Осмонбетов, С. В. Менг // Сборник науч. докл. конф. Кырг. гос. мед. ин-т. – Бишкек, 2002. – С. 29-37.
105. Орлов, Д. С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении [Текст] / Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова. – М.: Высш. шк., 2002. – 250 с.

106. Певзнер, М. Е. Экология горного производства [Текст] / М. Е. Певзнер, В. П. Костовецкий. – М.: Недра, 1990. – 230 с.
107. Перельман, А. И. Геохимия ландшафта [Текст] / А. И. Перельман. – М.: Мысль, 1966. – 391 с.
108. Перельман, А. И. Геохимия ландшафта [Текст]: учеб. пособие / А. И. Перельман, Н. С. Касимов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Астрел, 2000. – 768 с.
109. Перечень предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно-допустимых количеств (ОДК) химических веществ в почвах. Гос. Комитет по сан- эпид. надзору РФ, 1993 [Электронный ресурс].Режимдоступа:<http://gostrf.com/normadata/1/4293852/4293852441.htm>. – Загл. с экрана.
110. Поведение радиоактивных изотопов в системе почва раствор [Текст] / Н. В. Тимофеев-Ресовский, А. А. Титлякова, Н. А. Тимофеева [и др.] // Радиоактивность почв и методы ее определения. – М., 1966. – С. 46-80.
111. Портнягина, В. И. Использование биологического разнообразия герпетофауны Киргизии в экологическом прогнозировании [Текст] / В. И. Портнягина, С. К. Касиев // Проблема изучения и сохранения биол. разнообразия. – М., 1990. – С. 105-109.
112. Почвоведение [Текст]: учеб. для ун-тов / под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. – М.: Высш. шк., 1988. – Ч. 1. – 400 с.
113. Проект “Урановые хвостохранилища в Центральной Азии: Национальные проблемы, региональные последствия, глобальное решение” [Текст]: информ. материалы к Бишкек. регион. конф. – Бишкек, 2009. – 81 с.
114. Проектное предложение по реабилитации урановых хвостохранилищ в Кыргызстане: перенос хвостохранилища «Туюк-Суу» (пос. Мин-Куш) на безопасный участок хвостохранилища «Дальнее» // Усиление координации для разработки проектов в мобилизации ресурсов для устойчивого трансграничного управления радиоактивными отходами в Центральной

- Азии. ПРООН. Проект ОСИБ. – 2011 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://uchebana5.ru/cont/1104354.html>. – Загл. с экрана.
115. Практическое руководство почвоведу для составления почвенных карт, картограмм и написания очерков [Текст] / Республиканская почв.-агротех. ст. – Бишкек, 2006. – 35 с.
116. Почвоведение [Текст] / [Г. Д. Белицина, В. Д. Васильевская, Л. А. Гришина и др.]. – М.: Высш. шк., 1988. – Ч. 1: Почва и почвообразование. – 400 с.
117. Пузанов, А. В. Эколого – биохимическая оценка почвенного покрова долины Средней Катуни [Текст] / А. В. Пузанов, С. С. Мешкина // Вестн. Алтай. гос. аграр. ун-та. – Барнаул, 2009. – № 2 (52). – С. 11-18.
118. Рачкова, Н. Г. Состояние в почвах естественных радионуклидов урана, радия и тория [Текст] / Н. Г. Рачкова, И. И. Шуктомова, А. И. Таскаев // Почвоведение. – 2010. – № 6. – С.698-705.
119. Роде, А. А. Почвоведение [Текст] / А. А Роде, В. Н. Смирнов. – М.: Высш. шк., 1972. – 478 с.
120. Руководство по методам контроля за радиоактивностью окружающей среды [Текст] / под ред. И. А. Соболева, Е. Н. Беляева. – М.: Медицина, 2002. – 432 с.
121. Руководство по эксплуатации Спектрометр атомно-абсорбционный «МГА-915» [Текст]. – СПб., 2004. – 84 с.
122. Сельдяков, Ю. П. О спектрометрах гамма-квантов с подавлением комптоновского распределения [Текст] / Ю. П. Сельдяков, Р. Я. Седов // Изотопы в СССР. – 1983. – № 1(6). – С. 9-16.
123. Систематический список почв Кыргызской Республики [Текст]. – Бишкек, 1995. – 45 с.
124. Современные тенденции развития биогеохимии [Текст]: тр. биогеохим. лаб. – М.: ГЕОХИ РАН, 2016. – Т. 25. – 577 с.
125. Справочник предельно допустимых концентраций, ориентировочных безопасных уровней воздействия, допустимых уровней, допустимых концентраций, методов контроля и других характеристик вредных веществ

- в объектах окружающей среды Кыргызской Республики [Текст] / [К. Д. Боконбаев, Ш. А. Ильясов, А. В. Макаренко и др.]. – Бишкек: Олимп, 1997. – 355 с.
126. Султанбаев, А. С. Содержание естественного урана в почве и вынос его урожаем растений [Текст] / А. С. Султанбаев, А. Ф. Григорьев // Науч. тр. Кирг. НИИ Земледелия. – 1974. – № 12. – С. 197-207.
127. Султанбаев, А. С. Содержание урана в почвах и растениях Тянь-Шаня [Текст] / А. С. Султанбаев, А. Ф. Григорьев // Тр. Кирг. науч. произв. об-ния по земледелию. – Фрунзе, 1979. – Вып. 16. – С. 240-250.
128. Сус, Н. И. Эрозия почв и борьба с нею [Текст]: лесомелиоратив. мероприятия / Н. И. Сус. – М.: Сельхозгиз, 1949. – 351 с.
129. Торгоев, И. А. Геоэкология и отходы горнопромышленного комплекса Кыргызстана [Текст] / И. А. Торгоев, Ю. Г. Алешин. – Бишкек: Илим, 2009. – 239 с.
130. Торгоев, И. А. Минимизация экологического риска на урановом хвостохранилище «Туюк-Суу» [Электронный ресурс] / И. А. Торгоев, Ю. Г. Алёшин, Г. Э. Аширов, К. Абиров. – Режим доступа: Загл. с экрана.
131. Торгоев, И. А. Добыча и переработка урановых руд [Текст] / И. А. Торгоев, Ю. Г. Алешин // Экол. вестн. – 2001. – № 4. – С. 16-18.
132. Торгоев, И. А. Оползневой риск на участке бывшего уранового предприятия в Мин-Куше [Текст] / И. А. Торгоев, Акылбек уулу Б. – Бишкек: Ин-т геомеханики и освоения недр Нац. АН Кырг. Респ., 2015. – 727 с.
133. Торгоев, И. А. Экология горно-промышленного комплекса Кыргызстана [Текст]: справ.-слов. / И. А. Торгоев, Ю. Г. Алешин. – Бишкек: Илим, 2001. – 182 с.
134. Торгоев, И. А. Экологические проблемы в районах урановых рудников на территории Ферганской долины (Центральная Азия) [Электронный ресурс] / И. А. Торгоев, Ю. Г. Алешин, Г. Э. Аширов. – Режим доступа: lib.convdocs.org/docs/index-163258.html. – Загл. с экрана.

135. Торгоев, И. А. Экологические последствия добычи радиоактивных руд в Кыргызстане [Текст] / И. А. Торгоев, В. П. Чарский. – Бишкек: ОЦЭИ, 1998. – 55 с.
136. Тюрюканова, Э. Б. Радиогеохимия почв полесий Русской равнины [Текст] / Э. Б. Тюрюканова. – М.: Наука, 1974. – 208 с.
137. Тюрюканова, Э. Б. О методике исследования поведения радиоактивного стронция в почвах геохимических ландшафтов [Текст] / Э. Б. Тюрюканова. – М.: Атомиздат, 1968. – 15 с.
138. Урановые хвостохранилища в Центральной Азии: местные проблемы, региональные последствия, глобальное решение [Текст]: рамоч. док. – Женева, 2009. – 126 с.
139. Урановые хвостохранилища в Центральной Азии: Национальные проблемы, региональные последствия, глобальное решение [Текст]: информ. материалы к Бишкекск. Регион. конф. 21-24 апр. 2009 г.: проект. – Бишкек: [б.и.], 2009. – 81 с.
140. Усупбаев, Ш. Э. Инженерно-геологическое картирование радиационно-гидрохимических аномалий и георисков от отходов горного производства в Кыргызстане [Текст] / Ш. Э. Усупбаев // Технологии гражданской безопасности. – Бишкек, 2013. – Т. 10, № 4 (38). – С.48-53.
141. Усупбаев, А. К. Современное состояние растительного покрова на техногенных территориях и вблизи бывшего уранового рудника “Мин-Куш” [Текст]: отчет ОВОС / А.К. Усупбаев. – Бишкек, 2015.
142. Физическая география Кыргызстана [Текст] / под ред. С. К. Аламанова, ChenXi. – Бишкек: Турар, 2013. – 588 с.
143. Чалов, П. И. Основные проблемы оценки радиационной и иной опасности промпредприятий уранового производства для окружающей среды [Текст] / П. И. Чалов, И. А. Васильев, В.М. Алехина // Радиозэкологические и смежные проблемы уранового производства. – Бишкек, 2000. – Ч. 1. – С. 7-35.

144. Шапошникова, Л. М. Особенности распределения урана, тория и радия в профиле техноподзолистой почвы, успехи современного естествознания [Текст] / Л. М. Шапошникова, И. И. Шуктомова // Успехи современ. естествознания. – М., 2016. – № 6. – С. 48-52.
145. Щукин, М. В. Распределение и миграция радионуклидов в почвах Тульской области [Текст] / М. В. Щукин, Ц. Ц. Содбоев, В. В. Пак, В. С. Фролова // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – М., 2014. – № 8. – С. 75-80.
146. Энциклопедия. Иссык-Куль, Нарын [Текст]: энцикл. / гл. ред. М. Борбугулов. – Фрунзе: Гл. ред. Кырг. Сов. энцикл., 1991. – 511 с.
147. 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.
148. Overview and Recommendations for Uranium Production Legacy Sites in Central Asia: An International Approach Monitoring and Regulatory Structure, Remediation, Legacy Sites Risk Assessment [Text]: International atomic energy agency. – 2009. – 134 p.
149. International atomic energy agency. Quantification of radionuclide transfers in terrestrial and freshwater environments for radiological assessments, IAEA-TECDOC-1616. – Vienna: IAEA, 2009. – 51 p.
150. Risk assessment of emergency situation in the Uranium tailings of Kyrgyzstan [Text] / I. Torgoev, Y. Aleshin, D. Kovalenko, P. Chervontsev // Uranium in the Environment. Mining Impact and Consequences – B/J/ Mekel (Edit) – Springer – Verlag Berlin Heidelberg, 2006 – P. 563-570.
151. Project TACIS /91/EKY 03/. Development and Training Activities for the Environmental Improvement of the former KAVAK Uranium Mill at TUYUK-SU [Text]: Final Report, 1995. – 76 p.
152. Radiation Protection Against Radon in Workplaces other than Mines. Safety Report Series [Text]. – Vienna: IAEA, 2003. – 74 p.

153. Radioecological assessment of the uranium tailings in Tuyuk-Suu (Kyrgyzstan)
[Text] // Journal of Geological Resource and Engineering. – USA. – 2015. –
Vol. 3, N 2. – P. 89-97.
154. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection
[Text] // ICRP Publication 60. Ann. ICRP. 21. – 1991. – Vol. 21. – P. 1-3.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Акт внедрения научных результатов Кыргызского Государственного университета им. И. Арабаева

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор КГУ им. И. Арабаева,
д.и.н., проф. Абдырахманов Т. А.

«10» сентября 2019 г.

АКТ

внедрения научных результатов, полученных в диссертации Жумалиева Т. Н. на соискание учёной степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.08 – экология на тему: «Экология почвенного покрова урановых природно-техногенных провинций Мин-Куш» в КГУ им. И. Арабаева факультета географии, экологии и туризма

Комиссия в составе:

Председатель – проректор по учебной работе КГУ им. И. Арабаева, к.психол.н., и.о.проф. Конурбаев Т. А. **Члены** – декан факультета географии, экологии и туризма д.г.н., проф. Чодураев Т.М., замдекана факультета географии, экологии и туризма к.г.н., доц. Акматов Р.Т., заведующей кафедры географии и ее технологии обучения к.г.н., доц. Солпиева. Д.Т., заведующий кафедры экологии и туризма к.г.н., доцент Аблешов. свидетельствует о том, что в учебном процессе факультета географии, экологии и туризма в преподавании курса Общая экология, , экологический мониторинг и техногенный риск, спецкурс экология Кыргызстана, а также при прохождении учебно-полевой практики по предметам экологов и географов, при подготовке курсовых дипломных и магистерских работ были реализованы следующие научные результаты, полученные в кандидатской диссертации Жумалиева Т.Н.:

- данные литературного обзора по уровню загрязнения окружающей природной среды радионуклидами и тяжелыми металлами;
- описание современных методов и методик исследования;
- современное экологическое состояние почвенного покрова п. Мин-Куш;
- результаты по определению содержаний тяжелых металлов (Cd, Sr, Pb и др.) и радионуклидов(U, Th, Ra, K и др.) в почве урановых природно-техногенных провинций Мин-Куш;
- эколого-биогеохимические и радиологические параметры, отражающие геохимическую экологию урановых природно-техногенных провинций Мин-Куш

Реализация материалов диссертации Жумалиева Т. Н. позволила:

- повысить качество и эффективность преподавания таких дисциплин, как основы экологии, мониторинг окружающей среды, радиационная экология, геохимия окружающей среды;
- повысить знания студентов об особенностях содержания и накопления тяжелых металлов и радионуклидов в почве;

Материалы диссертации использованы в следующих документах, материалах и разработках:

- конспекты лекций по общей экологии, радиационной экологии, геохимия окружающей среды;
- при разработке учебно-методических комплексов;
- при методических разработках к лабораторным занятиям.

По результатам реализации получен следующий положительный эффект:

- повысилось у студентов знания об особенностях содержания и накопления тяжелых металлов и радионуклидов в почве;
- улучшилась информированность студентов о радиационной обстановке на территории Кыргызстана

Председатель комиссии

Проректор по учебной работе

КГУ им. И. Арабаева, к.психол.н., и.о.проф.  Коурбасов Т. А.

Члены комиссии:


Декан факультета географии, экологии и туризма, д.г.н., проф.

 Чодураев Т.М.

Заместитель декана факультета географии, экологии и туризма, к.г.н., доц.

 Акматов Р.Т.

Заведующей кафедры географии и ее технологии обучения к.г.н., доц.

 Солпиева, Д.Т.

Заведующий кафедры экологии и туризма, к.г.н., доц.

 Аблешов Т.А.




И. АРАБАЕВ атындагы Кыргыз мамлекеттик университети
КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. И. АРАБАЕВА
Ок: 
КОЛ ТАМГАСЫН ТАСТЫКТАЙМЫН
ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ 10.12.2019

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Акт внедрения научных результатов Республиканской почвенно-агрохимической станции при Государственного проектного института по землеустройству «Кыргызгипрозем» при Государственном агентстве по земельным ресурсам при Правительстве КР

УТВЕРЖДАЮ
Директор Республиканской почвенно- агрохимической станции государственного предприятия Государственный проектный институт по землеустройству «Кыргызгипрозем» при Государственном агентстве по земельным ресурсам при Правительстве КР
Исаев К. М.


28 февраля 2022 г.
г. Бишкек

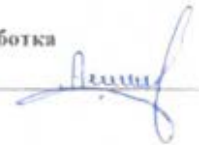
АКТ внедрения результатов научно-исследовательских, научно-технических работ, (или) результатов научной и (или) научно-технической деятельности

1. **Автор внедрения:** Жумалиев Талантбек Нургазиевич
2. **Наименование научно-исследовательских, научно-технических работ, (или) результатов научной и (или) научно-технической деятельности:**
«Экология почвенного покрова урановой природно-техногенной провинции Мин-Куш» по специальности 03.02.08 – экология, на соискание ученой степени кандидата биологических наук.
3. **Краткая аннотация:** Впервые комплексно обследован почвенный покров урановой природно-техногенной провинции Мин-Куш. Проведен физико-химический анализ почв, определено качественное состояние почвы и составлена почвенная карта-схема. Определено содержание микроэлементов и радионуклидов в почвенном покрове и проведена оценка эколого-биогеохимического состояния почвенного покрова данной территории.
4. **Эффект от внедрения:** Результаты диссертации были использованы для пополнения и обновления базы данных Республиканской почвенно-агрохимической станции по современному состоянию почвенного покрова территории поселка Мин-Куш, для повышения качества и эффективности проведения почвенного мониторинга и разработать дальнейшие мероприятия мониторинга почв на данной территории
5. **Место и время внедрения:** 720027, Кыргызская Республика, г.Бишкек, ул. Тимура Фрунзе, 100, Республиканская почвенно-агрохимическая станция (РПАС).
6. **Форма внедрения:** Обновлено база данных и улучшено качество проведения почвенного мониторинга Республиканской почвенно-агрохимической станции.

Улучшилась информированность специалистов и разработаны дальнейшие мероприятия по улучшению почвенного покрова на территории поселка Мин-Куш и в настоящее время используется в работе.

Представитель организации, в которую внедрена разработка

Баянов А.К. начальник отдела бонитировки земель РПАС



Представитель организации, из которой исходит внедрение

Приходько С.Л., к.б.н.,

ученый секретарь Института биологии НАН КР

