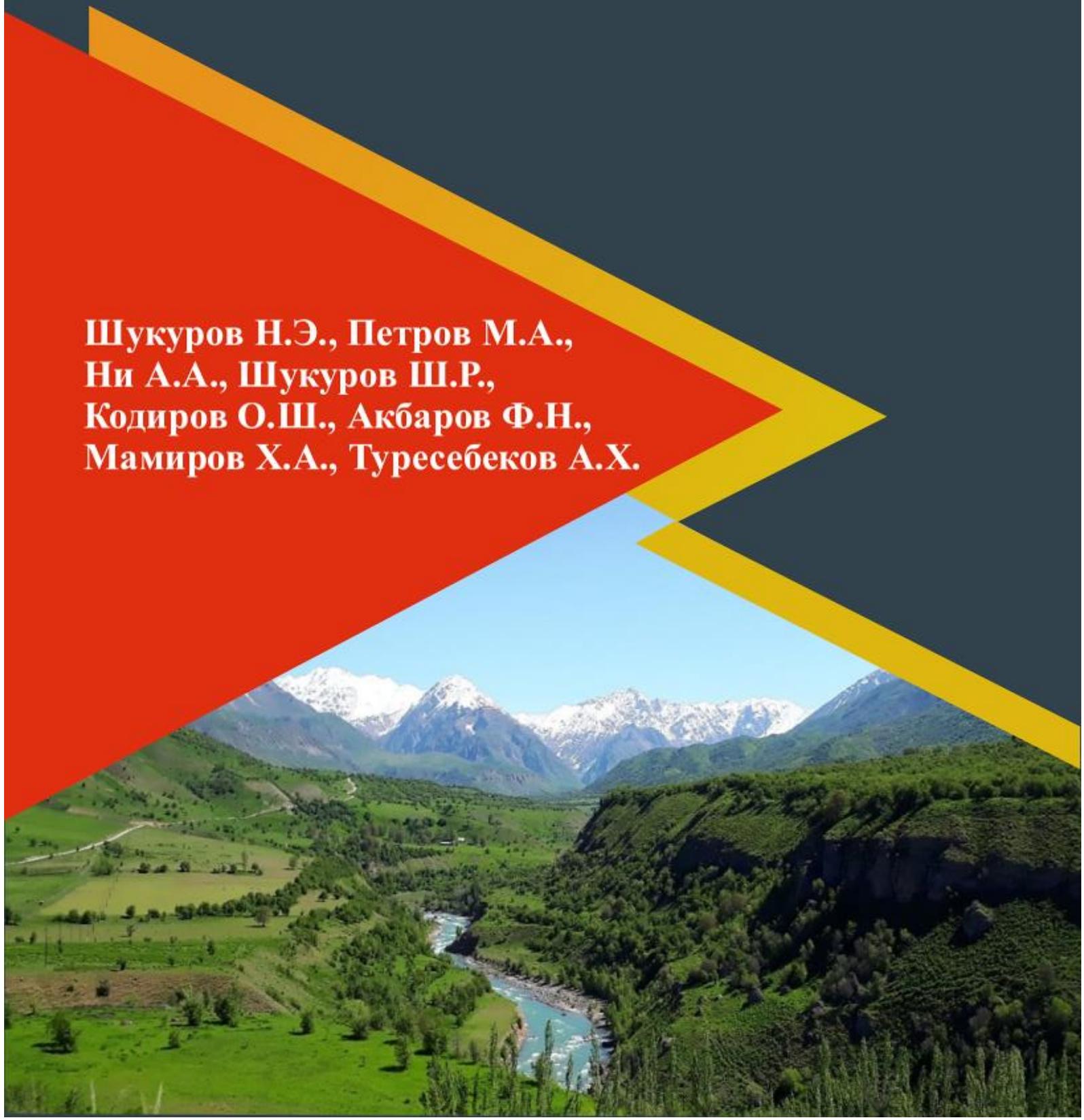


ЭВОЛЮЦИЯ И ДИНАМИКА ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

**Шукуров Н.Э., Петров М.А.,
Ни А.А., Шукуров Ш.Р.,
Кодиров О.Ш., Акбаров Ф.Н.,
Мамиров Х.А., Туресебеков А.Х.**



**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО ГЕОЛОГИИ И
МИНЕРАЛЬНЫМ РЕСУРСАМ РЕСПУБЛИКИ
УЗБЕКИСТАН**

**УНИВЕРСИТЕТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ
им. Х.М.АБДУЛЛАЕВА**

**Шукуров Н.Э., Петров М.А., Ни А.А., Шукуров Ш.Р.,
Кодиров О.Ш., Акбаров Ф.Н., Мамиров Х.А., Туресебеков А.Х.**

**ЭВОЛЮЦИЯ И ДИНАМИКА ПРИРОДНЫХ И
ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА
ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Ташкент – 2021

УДК: 502.2(575.1)

ББК: 20.18

Шукуров Н.Э., Петров М.А., Ни А.А., Шукуров Ш.Р., Кодиров О.Ш., Акбаров Ф.Н., Мамиров Х.А., Туресебеков А.Х. Эволюция и динамика природных и техногенных процессов и их влияние на окружающую среду. Ташкент: Изд-во. ООО “LESSON PRESS”, 2021. -235с.

Изложены результаты исследований по изучению комбинированного воздействия загрязнения атмосферы, поверхностных вод и почвы, и изменения климата в Чаткало-Кураминских гор как основных причин деградации горных ледников позволяющие определить эволюцию, динамику и закономерности природных и антропогенных процессов в Чаткало-Кураминском регионе. Рассмотрены проблемы влияния природных, техногенных процессов и биоагентов на изменение климата и скорость таяния горных ледников; выноса токсичных элементов из природных и техногенных систем и их влияние на окружающую среду. Выявлены особенности рассеяния и концентрирования химических элементов на определенных уровнях биогеохимических цепей в предгорных и высокогорных зонах Чаткало-Кураминского региона. Выяснен характер концентрации и миграции тяжелых металлов и редких элементов в техногенных и природных ландшафтах и их влияние на экологию бассейна рек Чирчик–Ахангаранской системы. Определена динамика факторов, влияющих на сокращение ледников, русла и поймы горных рек и выработка мер по снижению их негативного воздействия; Выявлена взаимосвязь влияний загрязнения окружающей среды и изменения климата в предгорной и высокогорной зоне, и в нивальном поясе.

Книга представляет интерес для широкого круга специалистов в области геоэкологии, гляциологии, экологической геохимии, геохимии ландшафта и минералогии, а также для бакалавров, магистров и докторантов в данных областях геонаук.

Ответственный редактор:

Академик АН РУз, Иностраный член АЕН РФ, член-корр. МИА,
д.г.-м.н., профессор Х.А.Акбаров

Рецензенты:

Доктор геолого-минералогических наук А.А. Колдаев.
Доктор географических наук, профессор Н.И.Сабитова

ISBN: 978-9943-7219-2-0 ©Издательство ООО “LESSON PRESS” , 2021

UO’K: 502.2(575.1)

KBK: 20.18

Shukurov N.E., Petrov M.A., Ni A.A., Shukurov Sh.R., Kodirov O.Sh., Akbarov F.N., Mamirov X.A., Turesebekov A.X. Tabiiy va texnogen jarayonlarning evolyutsiyasi va dinamikasi va ularning atrof muhitga ta'siri. T.: “Lesson Press” MCHJ nashriyoti, 2021. -235 b.

Chotqol-Qurama mintaqasida tabiiy va antropogen jarayonlarning evolyutsiyasi, dinamikasini va qonuniyatlarini aniqlashga imkon beruvchi tog' muzliklarining degradatsiyasi va qisqarishining asosiy sabablari sifatida Chotqol-Qurama tog'larida havoning ifloslanishi, yer usti suvlari va tuproq va iqlim o'zgarishining birgalikda ta'sirini o'rganish bo'yicha tadqiqotlar natijalari keltirilgan. Tabiiy, texnogen jarayonlar va bioagentlarning iqlim o'zgarishiga ta'siri va tog' muzliklarining erishi tezligi muammolari ko'rib chiqilgan; tabiiy va texnogen tizimlardan toksik elementlarning oqib chiqishi va ularning atrof muhitga ta'siri o'rganilgan. Chotqol-Qurama mintaqasining tog'oldi, tog' va baland tog' zonalaridagi biogeokimyoviy zanjirlarning ma'lum darajalarida kimyoviy elementlarning tarqalishi va kontsentratsiyasi xususiyatlari aniqlangan. Texnogen va tabiiy landshaftlarda og'ir metallar va no'yob elementlarning kontsentratsiyasi va migratsiyasi xususiyati va ularning Chirchiq-Ohangaron daryosi havzasi ekologiyasiga ta'siri aniqlangan. Tog' muzliklarining qisqarishiga va daryo o'zanlari va quyilish joylarining o'zgarishiga olib keluvchi omillar tabiati va dinamikasi aniqlanib ularning salbiy ta'sirini kamaytirish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan. Atrof-muhit ifloslanishi va iqlim o'zgarishi ta'sirining tog'oldi va baland tog' zonalarida hamda nival kamaridagi o'zaro bog'liqligi aniqlangan.

Kitob geoekologiya, muzlikshunoslik, atrof-muhit geokimyosi, landshaft geokimyosi va mineralogiyasi sohalari mutaxassislarining keng doiralari hamda shu yo'nalishda ta'lim olayotgan bakalavrlar, magistrlar va doktorantlar uchun alohida qiziqish uyg'otadi.

Bosh muharrir:

O'zR Fanlar akademiyasi akademigi, Rossiya Tabiiy fanlar akademiyasi a'zosi,
Xalqaro muhandislar akademiyasi muxbir a'zosi,
Geologiya-mineralogiya fanlari doktori, professor Kh.A.Akbarov

Taqrizchilar:

Geologiya-mineralogiya fanlari doktori A.A. Koldayev.
Geografiya fanlari doktori, N.I.Sabitova

ISBN: 978-9943-7219-2-0

© “LESSON PRESS” MCHJ nashriyoti, 2021

UDC: 502.2(575.1)

LBC: 20.18

***Shukurov N.E., Petrov M.A., Ni A.A., Shukurov Sh.R., Kodirov O.Sh., Akbarov F.N., Mamirov Kh.A., Turesebekov A.Kh.* Evolution and dynamics of natural and technogenic processes and their impact on the environment. T.: “Lesson Press” LLC, 2021. -235 p.**

The results of research on the study of the combined effects of air pollution, surface water and soil, and climate change in the Chatkal-Kurama mountains as the main causes of the mountain glaciers degradation, which allow determining the evolution, dynamics and patterns of natural and anthropogenic processes in the Chatkal-Kurama region are presented. The problems of the influence of natural, technogenic processes and bioagents on climate change and the rate of melting of mountain glaciers, removal of toxic elements from natural and technogenic systems and their impact on the environment are reviewed. The characteristics of dispersion and concentration of chemical elements at certain levels of biogeochemical chains in the foothill and high-mountain zones of the Chatkal-Kurama region are elucidated. The nature of the concentration and migration of heavy metals and rare elements in technogenic and natural landscapes and their impact on the ecology of the Chirchik-Akhangaran river basin are clarified. The dynamics of factors influencing the reduction of glaciers, riverbeds and floodplains of mountain rivers and the development of measures to reduce their negative impact are determined. The interrelation of the effects of environmental pollution and climate change in the foothill and high-mountain zones, and in the nival belt is revealed.

The book is of interest to a wide range of specialists in the field of geocology, glaciology, environmental geochemistry, landscape geochemistry and mineralogy, as well as for bachelors, masters and doctoral students in these areas of geosciences.

Head Editor:

Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, member of the Russian Academy of Natural Sciences, corr.member of the IEA,
Doctor of geological-mineralogical sciences, Professor Kh.A. Akbarov

Reviewers:

Doctor of geological-mineralogical sciences A.A. Koldaev.
Doctor of Geography, Professor N.I. Sabitova

ISBN: 978-9943-7219-2-0

© “LESSON PRESS” LLC, 2021

ПРЕДИСЛОВИЕ

В последние годы в Узбекистане все больше внимания оказывается охране окружающей среды. Реализуется ряд целевых государственных программ и национальных планов действий. Разработан Национальный план действий по охране окружающей среды, в котором определены приоритетные экологические проблемы и выбраны средства их решения. В целях дальнейшей реализации Национального плана разработаны и успешно реализованы Программы действий по охране окружающей среды на 1999-2005, 2008-2012, 2013-2017 годы. В стране проводится последовательная работа в области обеспечения охраны окружающей среды, рационального использования природных ресурсов, улучшения санитарной и экологической обстановки. Утверждена «Концепция охраны окружающей среды Республики Узбекистан до 2030 года».

Республика Узбекистан находящаяся в аридной климатической зоне Центральной Азии, сегодня сталкиваются с экологическими проблемами глобального изменения климата, загрязнения атмосферного воздуха, опустынивания и деградации земель, потери биоразнообразия, недостатком и ухудшением качества водных ресурсов. Сильно ощущается дефицит пресной воды, приток которой в засушливые периоды обеспечивается таянием ледников. Одновременно процесс загрязнения окружающей среды оказывает влияние на химический состав атмосферных осадков и поверхностных вод. Многие отвалы, хвостохранилища и золошлаковые отходы горнорудных и энергетических предприятий Ангрэн-Алмалыкского района в Чаткало-Кураминском регионе, как правило, не имеют защитного покрытия, поверхности их подвержены эрозии и разрушению. Покрытия на отвалах и хвостохранилищах хорошо водопроницаемы, и материал может смываться селевыми потоками и разноситься ветром, что способствует высокому загрязнению дренажных вод, которые поступают в поверхностные и подземные водные объекты, которые часто используются местным населением для водопоя скота, полива местных огородов и садов.

Выявление основных закономерностей последствий загрязнения атмосферы, поверхностных вод и почвенного покрова в высокогорных и предгорных районах и деградации горного оледенения являются актуальной проблемой современности. Для

снижения негативного воздействия на окружающую природную среду необходимо: - усилить меры по проведению мониторинга состояния окружающей природной среды на горнорудных и промышленных территориях Чаткало-Кураминского региона; - реализовать природоохранные мероприятия, направленные на ликвидацию или снижение влияния источников загрязнения на окружающую природную среду. Проведение подобных исследований позволит разрешить вопросы охраны окружающей среды и экологии горнопромышленных районов.

Настоящая монография посвящена рассмотрению трех важнейших проблем современной экологической геохимии: - эволюции эколого-геохимического состояния окружающей среды; - структурным особенностям геохимической организации техносферы; - специфике взаимодействия живого вещества со средой обитания в условиях усиливающегося антропогенного воздействия. Опираясь на теоретические положения биогеохимии и геохимической экологии, сформулированные в трудах В.И. Вернадского, А.П. Виноградова, А.Е. Ферсмана, Б.Б. Польшова, А.И. Перельмана, М.А. Глазовской, В.В. Ковальского, Ю. Одума, Б. Коммонера, Э.И. Колчинского и других исследователей, авторами было выявлено наличие двух качественно разных этапов, характеризующих эволюцию геохимического строения техносферы.

В монографии представлены исследования широкого круга связанных с изменением климата и загрязнением окружающей среды Чаткало-Кураминского региона вопросов, выполненные с участием авторов в рамках фундаментального проекта FA-F8-005 «Эволюция и динамика природных и техногенных процессов и их влияние на окружающую среду высокогорных и предгорных районов Узбекистана» 2017-2020 гг. финансируемого Министерством Инновационного развития РУз. Рассмотрены эволюция вещества в природных и техногенных системах горных регионов, отходы отработки различных типов минерального сырья, обогащения, пиро- и гидрометаллургического производства, которые являясь частью техносферы, активно влияют на геохимические процессы трансформации вещества. В результате проведенных исследований изучены минералогия и геохимия почв, вод и донных отложений высокогорных и предгорных районов Чаткало-Кураминского региона, которые подвергаются загрязнению в связи с изменением климата и техногенного воздействия на окружающую среду. Установлены основные источники загрязнения

воздуха, почвы, воды токсикантами. Проведен эколого-геохимический анализ тяжелых и редких металлов на иерархических уровнях организации экологических систем: руда и уголь - отходы (отвалы, золошлаки, хвосты, шлаки и др.) - атмосферные выбросы - стоки рудничных вод - тяжелые металлы и металлоиды - редкие элементы - атмосферные осадки и аэрозольные частицы - почва - вода - растения. Изучены закономерности распределения тяжелых металлов и металлоидов в техногенных и природных ландшафтах, также рассмотрены вопросы разработки новых методов биоиндикации и рекультивации загрязненных экосистем. Основное внимание уделено эколого-геохимическим аспектам техногенных процессов - выявлению и изучению химических, минералогических, гидрохимических и биологических параметров, обуславливающих формирование крупных вторичных геохимических аномалий тяжелых и редких металлов. Это придает книге в известной мере междисциплинарный характер.

Необходимо отдать должное авторам монографии, которые не только внесли большой вклад в изучении экологическую геохимию Чаткало-Кураминского региона, но и разработали новую методологию оценки риска загрязнения тяжелыми металлами и металлоидами окружающей среды данного региона, существенно упростив при этом процедуру контроля и профилактики природной и техногенной геохимической среды. Предложенный подход позволил не только разграничить антропогенный, техногенный и природный генезис большинства существующих экологических проблем региона, но и объяснить механизмы их возникновения. Хочется надеяться, что она окажется полезной широкому кругу специалистов в области геоэкологии, геохимии и студентам, изучающим последствия экологических проблем горнорудных территорий, техногенных и природных ландшафтов горных, предгорных и высокогорных территорий Центральной Азии.

Ответственный редактор:

*действительный член АН РУз,
член АЕН РФ, член.корр. МИА,
д.г.-м.н., профессор Геолого-
разведочного факультета
ТГТУ им. Ислама Каримова*



Х.А. Акбаров

ВВЕДЕНИЕ

Решение экологических проблем сегодня становится приоритетным для обеспечения устойчивого развития промышленных территорий. Это касается как горнопромышленных регионов, где горнодобывающим предприятиям и обслуживающим их производствам принадлежит первое место, прежде всего по твердым отходам, так и высокогорных и среднегорных территорий, которые все активнее осваиваются для рекреационных и гидроэнергетических целей. Современные масштабы ландшафтных и экологических изменений природной среды в горнорудных районах связаны с преобладанием открытого способа добычи полезных ископаемых. Рост населения и связанное с ним интенсивное развитие промышленности, освоение новых сельскохозяйственных угодий и дальнейшее увеличение инфраструктуры ведет к необратимым изменениям окружающей среды. Оценка пространственно-временных масштабов этих изменений является на сегодняшний день одним из актуальных вопросов исследований современной естественной науки. Исследованию этих изменений на региональном уровне посвящена данная работа.

Одним из актуальных вопросов современной науки является взаимодействие человека с окружающей средой (экология). Для точного определения степени антропогенного загрязнения среды необходимо научиться выделять её фоновое, природное состояние и затем сводить к минимуму либо замедлять темпы загрязнения. Фоновое состояние окружающей среды складывается из следующих факторов:

1. Климатических и гидрологических характеристик (поверхностные и подземные воды);
2. Динамики современного и древнего оледенения
3. Тектонической активности, денудации, горообразования;
4. Литологического состава, динамики его изменения, процессов почвообразования;

Среди глобальных процессов, лежащих в основе роста природных катастроф, важное место принадлежит глобальному изменению климата и загрязнению окружающей среды. Загрязнение атмосферы и потепление климата прочно связаны друг с другом и могут вызвать ряд катастрофических процессов глобального

характера. С потеплением климата и изменением химического состава атмосферных осадков происходит интенсивное отступление горных ледников, являющихся природным резервом водных ресурсов, вплоть до полного их исчезновения. Государства Центральной Азии расположены в аридной зоне, в которой при такой тенденции ожидается дефицит пресной воды, приток которой в засушливые периоды обеспечивается таянием ледников. Одновременно процесс загрязнения окружающей среды окажет влияние на химический состав атмосферных осадков и поверхностных вод. Выявление основных закономерностей последствий загрязнения атмосферы, поверхностных вод и почвенного покрова высокогорных и предгорных районов и деградации горного оледенения является основной задачей проведенных исследований. Сокращение оледенения и стока с ледников, в свою очередь, приведёт к сокращению водных ресурсов в нижележащих густонаселенных и индустриально освоенных предгорных зонах.

С использованием новой информации, полученной с применением современных методов исследования, рассмотрены теоретические вопросы, касающиеся экологической геохимии тяжелых и редких металлов в техногенных и природных ландшафтах в бассейнах рек Чирчик и Ахангаран (техногенные отходы горнорудных, металлургических и других промпредприятий, расположенные в долине р. Ахангаран). В долине реки Чирчик детально рассмотрены динамика отступления высокогорных ледников. Особое внимание уделено решению фундаментальной проблемы биогеохимии - закономерности распределения содержаний тяжелых металлов и других токсичных компонентов на техногенных и природных ландшафтах, их взаимосвязь. Проведен эколого-геохимический анализ тяжелых и редких металлов на иерархических уровнях организации экологических систем: руда и отходы угля (отвалы, золошлаки, хвосты, шлаки и др.) → атмосферные выбросы стоки рудничных вод → тяжелые металл(оид)ы → редкие элементы → атмосферные осадки и аэрозольные частицы → почва → вода → растения. Проведение подобных исследований позволит разрешить вопросы охраны окружающей среды и экологии горнопромышленных районов.

Основными задачами исследований являются: - оценка влияния хозяйственной деятельности на русла, поймы и водосборные

бассейны; - оценка эколого-геохимического состояния Чаткало-Кураминского региона; - выявление основных закономерностей последствий загрязнения атмосферы, поверхностных вод и почвенного покрова высокогорных и предгорных районов и деградации горного оледенения в бассейне реки Чирчик; - выяснение характера концентрации и миграции тяжелых и редких металлов в техногенных и природных ландшафтах и их влияние на экологию бассейна реки Ахангаран.

В Ангрэн-Алмалыкском горнорудном районе, кроме геолого-промышленных типов месторождений, рудопроявлений и геохимических ореолов концентраций минералов и элементов, присутствуют значительные по масштабам и объемам техногенные отходы, полученные при их отработке и переработке на рудниках, карьерах, обогатительных фабриках и металлургическом производстве. Вышеперечисленным отходам присуще свой дискретный размер минералов и их сообществ (макро-, микро-, нано размеры), которые являются наиболее благоприятными для трансформации вещества поверхностными и подземными водами. Эти объекты кроме высоких концентраций промышленно ценных минералов и компонентов содержат и токсичные элементы. Для решения вопросов влияния токсичных элементов на окружающую среду были разработаны методики их изучения и поведения (миграция, геохимические барьеры и т.п.) в подземных и поверхностных водах, почвах, биоте, растениях и газовой-пылевой выбросах.

ГЛАВА 1. ПРИРОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

1.1. Краткое описание истории исследований района и его природной и техногенной эволюции

В истории геологического и географического познания изучаемого района намечается два этапа. Первый этап охватывает 1875 - 1931 гг. Этот этап характеризуется работами основанных на маршрутных пересечениях тех или иных районов Западного Тянь-Шаня, в результате которых были даны общие схемы геологического строения. Второй этап изучения бассейна р. Ойгаинг начинается с 1932г. и продолжается по настоящее время. Исследования, проводившиеся в бассейне р. Пскем и его составляющих в течение этого времени, носили специальные поисковые и поисково-разведочные направления. В 1875 г. И.В. Мушкетов впервые пересек Пскемский хребет, несколько южнее исследуемой территории. Он прошел из долины р. Пскем (от села Пскем) в устье р. Терс и далее в верховья р. Чаткал. В результате своих наблюдений И.В. Мушкетов [1] впервые дал схему орографии края и охарактеризовал в общих чертах геологическое строение составляющих его горных хребтов. Касался он вопросов тектоники, но кратковременные маршрутные исследования позволили И.В. Мушкетову лишь констатировать наличие дислокации в палеозое. Из геоморфологических объектов И.В.Мушкетовым были описаны формы горных вершин, склоны речных долин, указано на наличие мощного покрова лессовых отложений, характеристика которых предоставлена лишь чисто морфологически. Несколько позже верховья бассейна р. Пскем посетил Б.А. Федченко [2] с целью изучения ледников и выяснения возможности наблюдения над ними. В результате путешествий, организованных в 1897 и 1902 гг. им изучен и описан ряд ледников бассейна р. Пскем. Кроме того, он указал на наличие большого количества современных ледников в верховьях рек Пскем, Таласс и Чаткал. В 1911 году организует экспедицию в Западный Тянь-Шань чешский географ Ф. Махачек. Своими маршрутами он пересекает ряд речных долин указанного горного сооружения. В результате геоморфологических исследований Ф. Махачек одним из первых указал на наличие в горах Западного Тянь-Шаня поверхностей древнего выравнивания [3].

Уже с глубокой древности Чаткальская и Ангренская долины известны как густонаселенные районы. О былой горной промышленности и богатстве долины Ахангаран свидетельствуют громадные отвалы древних выработок и шлаковые холмы, обилие курганных погребений в нижней части долины, что давно стало характерной чертой её ландшафта. Такие скопления погребений наблюдаются между Алмалыком и Накпай саем, в окрестностях Караучи и др.

Люди уже давно начали обживать территории, прилегающие преимущественно к малым рекам, поскольку именно малые реки и их водосборные бассейны обеспечивали его потребности в воде, пище, топливе, энергии воды, транспорте, летних и зимних путях сообщения. Для Чаткало-Кураминского региона проявления антропогенных воздействий на русла, поймы и водосборные бассейны горных рек представляют интерес в основном с точки зрения обеспечения достаточного стока воды, предотвращения селевых явлений и разрушения берегов.

В 1913 г. В.И. Масальский [4] отметил, что "Ташкентский оазис, орошаемый водами рек, стекающих со склонов Чаткало-Кураминских гор, является одним из самых населенных, богатых и культурных во всем Туркестане". Остатки и следы древних выработок имеются почти в каждом сае. За к.Аблык у Кызыл-Алмасая сохранились остатки древнейших мастерских, где изготавливали оружие и др. изделия из кремня. На правом берегу Ахангарана напротив устьев Камчика и Куюнды в 100 м выше уровня воды есть горная выработка с отвалами породы, содержащей следы золота и 19,8 г/т серебра [5]. В горах Карамазар рудные проявления отмечены более чем в 400 местах. Большинство рудных месторождений и почти все главные из них содержат серебрясвинцовые руды или золото, интенсивно разрабатывались в прошлом.

Здесь и далее приводится информация из обзорной статьи В. Крыленко "Антропоген-воздействия на реки Западного Тянь-Шаня", 2011. [106].

Расцвет древней горной промышленности относится к IX-X векам, когда Карамазар представлял крупную рудно-промышленную область древнего Шаш-Илака, серебряные и золотые рудники которого пользовались широкой известностью в мусульманском мире, а серебряные диргемы, битые на местных

монетных дворах, достигали западноевропейских стран. Древние золотые рудники - Сартабуткан, древние серебряно-свинцовые рудники - Кургашинкан [6, 7]. Шлаки древних металлоплавильен встречаются по левому притоку Кендырся в 4 км ниже перевала; масса шлаков - в Каран-Куле, Учбау, по правому Култу, по притокам Карабаусая Курбакалы и Камышты; в среднем течении Самарчука, по Акче, в Шавассае, не доходя 3 км до вершины [7].

В Чаткало-Кураминском регионе истребление лесов начали очень давно. Выплавку металла из руд тут проводили на древесном угле из арчи. Систематическое вырубание арчевых лесов привело к недостатку топлива, требуемого в больших количествах для выплавки и обработки металла. Когда вокруг одного рудника лес полностью изводили, рудоплавильные заводы переносили в другое место. Этим можно объяснить большое число древних выработок. Пора наиболее продуктивной деятельности средневековой горной промышленности была одновременно и периодом интенсивного уничтожения зарослей арчи. Естественному возобновлению лесов препятствовал сухой, жаркий климат, нередкие лесные и степные пожары, выпас многочисленных стад скота, уничтожавших на корню всю молодую поросль. Остатки развитых арычных систем, следы мест водосливов (где раньше были водяные мельницы) у маловодных (и даже совсем сухих большую часть года) саев свидетельствуют, что в прошлые века здесь было больше поверхностно текущих вод. В средние века горные леса спускались значительно ниже, чем теперь. Отступление границы лесов в течение последнего тысячелетия вызвано, может быть, не столько природными факторами, сколько деятельностью человека [8]. Еще в историческое время растительность долины была гораздо мощнее и богаче, чем теперь. В предгорьях, значительно ниже современного арчевника "встречаются громадные пни арчи, боярышника и иссохшие остатки этих деревьев. Старые постройки в Ангреной долине возведены из арчи, боярки, клена, ореха, каркаса и даже березы" [9, 10].

К 1937 г. в бассейне р.Чаткал обнаружили месторождения мышьяка (у кишлака Бричмулла), флюорита (у к.Аурахмат), вольфрама (Мазарсай, Саргардон), мрамора (Хумсан), золота (Чаткал, Сандалаш) и определили средне-многолетнюю энергетическую мощность значительных рек бассейна Чирчика - 3,3 млн. кВт, а вместе с потоками и струйками - 66 млн. кВт [11].

Новое промышленное освоение Ахангарана началось в конце 1930-х годов. В 1936-1937 гг. геолог Д.М. Богданович в долине р. Ангрэн у кишлака Джигиристан искал каолиновые глины, но глины не нашел, зато в нескольких местах наткнулся на выходы бурого угля. Дальнейшая геологоразведка, проведенная под руководством Г.С. Чекрызова, а затем В.А. Захаревича, показала, что запасы угля здесь велики, что уголь лежит почти на поверхности и его можно добывать открытым способом.

Перед войной и в войну 1941-1945 гг. в бассейне р. Ахангаран обнаружили месторождения угля, меди, свинца, цинка, флюорита. Надугольные породы содержали лессы, каолиновые и огнеупорные глины, известняки, мергели, горелые породы, строительный камень, галечники [12]. Осенью 1940 г. у к. Джигиристан заложена первая шахта мощностью 500 т угля в сутки, начато строительство жилья, столовой, школы. С началом войны значение Ангрэна как топливной базы резко возросло и резко ускорены темпы его развития. На месте стройки до 1942 г. пойма р. Ангрэн была занята зарослями тростника, камыша и непроходимыми болотами - рассадником малярии, выведившей летом из строя 50 - 60 % населения. Дренажными канавами и траншеями болота постепенно осушили, а на их месте построили озелененный поселок Тешикташ [12].

В конце 1940 г. проложена гравийная дорога от Ташкента. Летом-осенью 1941 г. скоростным способом "народной стройки" проведено и в начале 1942 г. вчерне закончено строительство ширококолейной железной дороги Ташкент-Ангрэн длиной 118 км. В июне 1946 Ангрэн объявлен городом. В 1948 - завершено сооружение угольного карьера [13] (включая и канал для полного обвода реки Ангрэн в обход карьера); в 1952 г. на склонах междуречья Загасансая и Кайрагачсая начаты работы по созданию крупнейшего в мире предприятия подземной (бесшахтной) газификации углей.

У слияния Каттасая с Дукантом были созданы урановые рудники и г.Янгиабад. В 1950-1960 гг. в долине Ахангарана, в 140-150 км от его истоков, на месте больших кишлаков были построены новые города: на левом берегу - Алмалык (на базе горно-металлургического комбината) и на правом берегу - Ахангаран с цементным заводом.

В гораздо меньшей степени были освоены природные ресурсы в бассейне р. Чаткал (в основном из-за сложного рельефа). На юго-

восточном макросклоне Кураминского хребта были освоены месторождения урановых руд Чаркесара и золота в Чадаке.

К концу XX века значительно освоена нижняя часть бассейнов Чирчика, Ахангарана, Гавасая, Чадакская; здесь развиты промышленные города (Алмалык, Ангрэн, Ахангаран, Янгибад, п. Чадак и Чаркесар) и курортные зоны (Чимган, побережье Чарвакского водохранилища). На остальной части территории антропогенное воздействие проявляется через строительство автодорог, проведение геологоразведочных работ, использование степей и лугов на склонах гор и на плоскогорьях (Кичик-Майдантал, Ангрэнское плато и др.) под пастбища и под земледелие - богарное и с искусственным орошением (в Ангрэнской долине, в Чаткальской межгорной котловине и др.). В долинах многих рек (саев) местное население устроило себе временное и постоянное жилье, загоны для скота, участки под огороды и сады.

Влияние хозяйственной деятельности на русла, поймы и водосборные бассейны может быть прямым (непосредственным) и косвенным (через изменение условий стока воды и наносов; через активизацию склоновых и русловых процессов). Поэтому, логичным представляется подразделение (и последующая типизация - параллельно или последовательно) всех видов антропогенных воздействий на две группы: непосредственные и косвенные.

Непосредственные антропогенные воздействия на русловые процессы в регионе проявляются по ряду направлений: создание водохранилищ (Чарвакское, Ходжикентское, Туркское); устройство селехранилищ и противоселевых плотин на саях низкогорья; берегоукрепление подмываемых откосов автодорог и других хозяйственных объектов; канализирование русел; строительство мостов; добыча гравия из русловых отложений в днищах долин; попадание значительного количества крупноглыбового материала в русла и поймы рек во время взрывных и дорожных работ при строительстве и эксплуатации автодорог. Ниже приведены данные о видах и распространенности непосредственных антропогенных воздействий на русловые процессы.

Наиболее активное непосредственное воздействие на русло и русловые процессы оказывают Гидротехнические сооружения (ГТС), расположенные в русле и пойме реки. Плотины на реках оказывают наиболее сильные воздействия, вызывая затопление и подтопление поймы и прилегающих территорий, деформации русла

и берегов водохранилищ, отложение наносов в водохранилищах и их заиление и занесение наносами - в верхнем бьефе, а также интенсивный размыв и русловые деформации - в нижнем бьефе гидроузлов. В данный момент идет строительство Тепарсайской ГЭС на реке Пскем выше Чарвакского водохранилища. Естественно после заполнения Пскемского водохранилища понадобится тщательный мониторинг вышележащих территорий как на экологическое воздействие, так и на опасные геологические процессы (сели, лавины, оползни, прорывы ледниковых озер). На р.Ахангаран объем горного водохранилища Турк невелик и оно практически не может осуществлять регулирующую роль, но прекращен сток влекомых наносов из верхнего бьефа. На других реках региона, которые подпадают под характеристики малых [14], водохранилищ нет. Из многих горных рек (особенно в теплое время года) забирают воду в арыки и используют для полива и хозяйственно-бытовых нужд. На эти нужды с помощью арыков в значительной мере разбирают воду из приустьевой зоны почти всех притоков Ахангарана ниже г.Ангрен, что в общем не оказывает заметного влияния на сток их наносов и ход их русловых процессов, поскольку в их горной части водозабор не очень значителен, приурочен к теплому сезону, а основной сток наносов происходит весной, во время половодий и паводков.

Из рек, стекающих с южного макросклона Кураминского хребта в Ферганскую долину, воду полностью разбирают и используют, так что Сыр-Дарья достигнет сток лишь немногих, самых крупных рек, да и то только во время половодий и паводков. В их горной части имеются лишь небольшие селения, где из рек арыками отводят часть водотока на хозяйственно-бытовые нужды и на полив садов и огородов. В рудничных поселках Чадак (где работают золотодобывающие рудники и золото-извлекательная фабрика) и Чаркесар (урановые рудники) воду из рек забирали на производственные нужды.

На притоках р.Чаткал нет ГТС, ограниченный отбор воды на полив и хозяйственно-бытовые нужды осуществляют только в Чаткальской котловине.

Интенсивная добыча валунно-галечно-гравийно-песчаных смесей (как правило, аллювиальных) из русел и пойм (как самый дешевый способ удовлетворения растущих потребностей в инертных и строительных материалах, в том числе и для отсыпки

дамб у реки) может вызывать ряд негативных последствий: снижение уровня воды, обнажение водозаборов и водовыпусков, подмыв мостовых переходов, опор трубопроводов и ЛЭП, нарушение устойчивости сооружений. Естественный сток влекомых наносов не всегда или не полностью может компенсировать выемку аллювия (для этого иногда могут понадобиться многие годы) [15].

Селехранилища устроены на ряде притоков Ахангарана: Акташсае, Саяксае, Джигиристане (здесь впадает селевый приток, регулярно заливавший пос. Джигиристан), Наугарзане (в приустьевой части), Алмалыксае (здесь ниже плотины регулируют расход воды). Плотина и ГТС построены на р.Каинды (несколько выше её устья), где создан подпор.

Транспортные сооружения. Некоторое воздействие могут оказывать мостовые переходы, особенно учитывая их распространенность. Стеснение водного потока подходными насыпями (или др. сооружениями) меняет его режим. Часть кинетической энергии потока переходит в потенциальную, создавая предмостовой подпор; выше участка с предмостовым подпором скорости потока меньше, что приводит к уменьшению стока наносов из этой зоны. Ниже участка предмостового подпора скорости потока возрастают, достигая максимума в подмостовом сечении. Таким образом удовлетворяются два условия, необходимых для общего размыва под мостами: 1) превышение фактической скорости над размывающей; 2) дефицит наносов (то есть, превышение выноса из-под моста над поступлением сверху [15]). При набегании потока на опору моста (или др. сооружения) в ее верхней части повышается уровень воды, что повышает скорость потока по мере приближения к основанию опоры и вызывает размыв грунта и перенос его частиц вниз по течению; часть их отлагается непосредственно за опорой. Помимо этого, из-за жесткого сжатия при обтекании опоры скорости потока увеличиваются в 1,7-2 раза по сравнению с бытовыми, что в итоге приводит к тому, что донные скорости у основания опоры превышают размывающие, в результате формируется вихревая воронка размыва, ее струи захватывают частицы грунта и выносят их за пределы опоры в низовую сторону [15].

При строительстве дорог и мостов земляные работы нередко являются причиной возникновения или активизации селевых явлений, поскольку разрыхляют горные породы на больших пространствах, а значительную их часть сваливают в поймы или

непосредственно в русло реки. Мероприятия по охране окружающей среды требуют значительных затрат, что снижает экономическую эффективность инвестиций в строительство [16], поэтому при строительстве дорог и мостов охранные мероприятия предусматривают обычно в явно заниженном объеме.

При резком расширении сети дорог, при строительстве мостов и освоении прилегающих территорий (как правило, в водосборах горных рек, которые пока-что остаются наименее хозяйственно освоенными) это может привести к нарушению равновесия склоновых и русловых процессов, а это, в свою очередь, снизит надежность и срок службы и дорог, и мостов, и др. объектов. В этом смысле весьма показательна судьба довольно многочисленных в Зап. Тянь-Шане автодорог, проложенных в середине XX века при геологоразведочных работах. Уже через несколько лет после прекращения их использования дороги были размыты многочисленными постоянными и временными потоками на большей части своего протяжения, сохранив остатки полотна только в местах "водоточной тени".

Применяемые для защиты от размыва и разрушения берегов (у дорог, мостов, различных инженерных сооружений и хозяйственных объектов) стенки, габионы и др. сооружения ограничивают или даже прекращают плановые деформации русла. Для защиты от половодий, паводков и наводнений (населенных пунктов, польдерных и мелиоративных объектов, сельхозугодий и т.п.) применяют дамбы обвалования, отсыпаемые или намываемые из местных материалов, с закреплением откосов (бетоном, камнем, деревом, высевом быстрорастущих многолетних трав и др.). Чтобы не создавать дополнительного подпора, дамбы следует строить закругленными в плане, направляя пойменные воды в русло под небольшими углами.

Железнодорожные мосты на трассе "Ташкент-Ангрен" проложены через все правые притоки Ахангарана - от Беляутся до Дукента включительно. На Акчасе в дамбе железнодорожного полотна для пропуска стока устроены 4 железобетонные трубы [17]. Капитальные автодорожные мосты и водопропускные сооружения имеются вдоль всей автотрассы «Ташкент-Коканд» через перевал Камчик, а также на тупиковых дорогах вдоль притоков Ахангарана (Гушсай, Нишбаш, Наугарзан, Дукент, вдоль Кызылчи на Ангренское плато, от Чаткала вдоль Акбулака до устья Тереклисы,

из Ферганской долины в Чадак), а мосты-временки - на автодороге вдоль правого берега Терса.

Вследствие недоучета русловых процессов при проектировании и строительстве мостов в ряде случаев было допущено чрезмерное сужение подмостового сечения и стеснение русел, что вызвало ускоренный размыв дна у опор еще в период строительства моста через Пскем у сел. Спай, вскоре после ввода в эксплуатацию моста через Угам у с. Хумсан и через Акбулак недалеко от устья Тереклисы.

Водопропускные сооружения на дорогах, как правило, не оказывают значительного влияния на русловые деформации, но есть и исключения. Увеличение скорости потока ниже водопропускных сооружений на водотоках может привести к образованию врез-промоин типа оврагов. Например, ниже пос. Фабричный водоток Каракия проходит в двухочковой трубе диаметром 2 м; ниже нее поток через несколько лет образовал в пойменных отложениях врез глубиной 5 м, шириной 10 м, длиной 2 км [17].

Берегозащитные и берегоукрепительные стенки устроены вдоль прибрежной части автодорог в низовье Угама, в горной части Ахангарана, в долинах Дукента, Наугарзана и др. рек, а также у отдельных инженерных сооружений. Для защиты от наводнений и от размывающего действия водных потоков при мощных паводках берега р.Ахангаран в пределах пос. Тешик-Таш города Ангрэн были в 1950-е годы укреплены габионами. Дамбы обвалования сооружены на приустьевых участках нескольких притоков среднего течения Ахангарана, в основном для защиты от размыва железнодорожных и автодорожных мостов, а вдоль правого берега Шавазсая (от кишлака Тут до устья) - и для защиты города Ахангаран [17]. В межень эти дамбы не оказывают существенного влияния на русловые процессы, а во время селевых и неселевых паводков ограничивают ширину заливаемой зоны поймы, практически не мешая стоку воды и наносов.

Инженерные коммуникации. Надземный газопровод диаметром 2 м на высоких бетонных опорах проложен через широкую пойму и русло р.Ахангаран выше устья Дукента. Он не оказывал заметного влияния на водные потоки и сток наносов, так же, как и редкие опоры воздушных линий электропередачи, которые, как правило, установлены за пределами поймы.

Селитебно-рекреационные факторы. В водосборной зоне рек - притоков Чаткала нет постоянных поселений. В бассейнах притоков Ахангарана и рек, стекающих с южного склона Кураминского хребта, помимо вышеназванных городов, расположено множество кишлаков, небольших хуторов, рудничных поселков; есть также редкие сезонные турбазы, лагеря, дома и зоны отдыха (Чарвак, Чимган, Угам, Пскем, Наували, Ахангаран, Каттасай и др.). Их непосредственное воздействие выражается в свалке бытовых и ремонтно-строительных отходов и мусора в поймах рек, а в отдельных случаях - и в русла. Серьезных последствий для русловых процессов это не вызывает, поскольку мощными паводками и половодьем все это уносится дальше и переотлагается уже в долинах более крупных рек-приемников.

Сооружения промышленных предприятий, как правило, расположены за пределами затопляемой зоны. Небольшое воздействие могут оказывать только сооружения их водозаборов, водосбросов, защитных стенок и габионов. На конусе выноса Дукентская отсыпаны обширные отвалы золы и шлаков Ангреновской ТЭС-1, не создающие помех стоку наносов.

Горнодобывающие предприятия оказывают непосредственное воздействие на реки по ряду направлений.

а) Добычу валунно-галечной смеси и гравия из пойм и русловых отложений проводили в днищах долин Угама, Ахангарана, Карабагская, Чадакская и др. рек (у городов Ангренов, Алмалык, Янгибад, Чадак, Чаркесар и многочисленных селений). Однако, серьезных последствий это не вызывало, так как выемку материала обычно проводили из мощных конусов выноса, обычно не затрагивая прирусловую зону.

б) Отсыпку отвалов горных пород в 1950-1980 гг. осуществляли в очень больших масштабах. В Ангрено мощными отвалами вскрышных пород угольного карьера на многие километры засыпаны поймы левого берега р. Ахангаран и правого берега Нишбашская, при этом перекрыт сток воды и наносов Загасанская и Кайрагачская. У г. Алмалык толщами отвалов (мощностью более 30 м) горнометаллургического комбината полностью засыпана нижняя часть долины Накпай, что полностью прекратило сток воды и наносов; такими же отвалами засыпана долина Алмалыкская ниже с. Хран [17]. Отвалы пород и отходов отсыпаны в Чадаке, Чаркесаре, Кочбулаке. В Янгибаде правый берег Каттасая (от устья

Джакиндека до впадения в р. Дукант) сложен отвалами горных пород и отходов обогащения урановых руд; эти отвалы подмывает река и они обрушиваются в ее русло, где перерабатываются водным потоком.

в) Полностью канализирована деривационным туннелем (для вскрытия угольного карьера) река Ахангаран в г. Ангрене.

Строительство различных объектов проявляется в основном в двух формах:

а) при строительстве и эксплуатации дорог в горах при взрывных работах и при расчистке дорожного полотна значительные количества крупных глыб и обломков пород попадают в поймы и русла рек, иногда серьезно загромождая их и изменяя фракционный состав донных отложений; это имеет место практически вдоль всех автодорог, особенно на их участках в сужениях долин;

б) свалка строительного мусора в поймы и русла рек встречается эпизодически, как правило, недалеко отстроек.

Мелиоративные мероприятия в форме отвода (частичного, а на очень реках - и полного) водотоков в арыки распространены в Ангреной долине (особенно ниже 62-го км р.Ахангаран) и на южных склонах Кураминского хребта. В Чаткальской долине это встречается эпизодически.

Лесотехнические мероприятия, сельскохозяйственная освоенность земель и животноводство не оказывают заметных непосредственных воздействий на русла и русловые процессы рек.

Косвенные воздействия. Косвенные воздействия наиболее сильно проявляются через увеличение поступления с водосборов твердого материала, главной причиной чего является разрушение, повреждение или ослабление почвенно-растительного покрова на склонах гор и долин в результате распашки земель, вырубки лесов, перевыпаса скота, провоцирования оползней и селей при различных видах деятельности (строительстве, горных разработках и др.), а также через изменение водоносности рек в результате водозаборов на орошение и промышленные нужды. В роли косвенных могут проявляться и некоторые непосредственные факторы. Например, отсыпка отвалов горных пород и отходов производства, свалка строительного-ремонтного и бытового мусора не в русло и пойму (где они проявляются непосредственно), а на достаточном удалении от реки, где они не влияют на русловые процессы, но при сильных ливнях и в половодье могут вовлекаться в селевые и неселевые

потоки и выносятся в поймы и русла рек. То же самое может происходить и при производстве взрывных и дорожных работ и расчистке полотна дорог, при которых большие массы горных пород сбрасывают не в русло или в прирусловую зону рек (где они проявляются непосредственно), а на достаточном удалении от реки, где они не влияют на русловые процессы, но при сильных ливнях могут вовлекаться в селевые и неселевые потоки и выносятся в поймы и русла рек.

Неумеренный выпас скота, приводящий к вытаптыванию и разрушению почвенно-растительного покрова, и обезлесивание участков склонов усиливает смыв грунта в реки и повышает концентрацию взвешенных наносов в речных водах. На Зап. Тянь-Шане в низкогорье и среднегорье интенсивный круглогодичный выпас скота местами (особенно на склонах южной экспозиции) приводит к усилению склонового смыва, однако количественные значения его не определены. Кроме того, как уже отмечалось, уже в далеком прошлом эти факторы, уничтожая молодую поросль древесных и кустарниковых растений, стали одной из причин обезлесивания склонов гор и резкого уменьшения стока воды в реках.

Формы антропогенных нагрузок на русла, поймы и водосборы рек, их проявление и распространенность. Антропогенные нагрузки, в зависимости от видов и масштабов хозяйственной деятельности, характера и объемов работ, проводимых в руслах и поймах рек, конструкции, размеров и места расположения инженерных сооружений на реке, могут вызывать изменения (в водосборных бассейнах, поймах, руслах и русловых процессах) различного масштаба - от локальных, местных (то есть проявляющихся только на коротких участках рек) до региональных (то есть охватывающих большие территории или участки рек). При массовом проявлении локальных изменений они могут стать региональными. В связи с этим для анализа, качественной и количественной оценки и прогнозирования негативных последствий необходимо знать не только перечень антропогенно обусловленных факторов-воздействий на реки и их русловые процессы, но также формы, масштабы, пространственную и временную распространенность и конкретные места приложения антропогенных нагрузок на русла, поймы и водосборы рек.

В результате установлено, что в Зап. Тянь-Шане большая часть территории региона не затронута антропогенным вмешательством в природные русловые процессы - практически всё высокогорье (где нет растительности для выпаса скота) и большая часть среднегорья, где выпас скота и сельскохозяйственное использование земель невозможны вследствие крутизны склонов, выходов скальных пород и осыпей. По этой же причине не используют значительную часть территории низкогорья.

Поймы рек также мало используют в хозяйственных целях: для застройки - по причине частой затопляемости паводками и полыми водами, а для сельскохозяйственного освоения - по причине большей частью полной обнаженности валунно-галечного материала, из которого сложены поймы (дерновому покрову на нем непросто образоваться по причинам частого смывания его паводками и быстрого высыхания - вследствие хорошей дренированности и прогрева до высоких температур под жгучим солнцем).

В целом общая площадь территории и длина речных русел, подверженных существенным антропогенным воздействиям на русла и русловые процессы, относительно невелики и не превышают нескольких процентов общих природных ресурсов. При этом мало затронутыми человеком остаются русла и поймы подавляющего большинства горных рек, особенно в верхних высотных поясах гор и особенно в больших по площади и количеству рек бассейнах Чаткала и его притоков (Коксу, Акбулака, Терса, Сандалаша и др.).

В долине реки Ахангаран в 1950 -1970 гг. были построены мощные горно-металлургические предприятия, цементные заводы, керамический комбинат, а также тепловые электростанции, работающие на высокозольном сернистом угле. В результате годовые выбросы в атмосферу с дымовыми газами этих предприятий достигали (по ориентировочной оценке авторов; большой интервал обусловлен степенью загрузки производственных мощностей): пыли (золы, цемента, угля и др.) - 0,6 -1,2 млн. т/год; окислов серы - 0,5-1 млн. т/год; окислов азота - 0,2 - 0,4 млн. т/год [14].

Долина Ахангарана характерна периодической сменой направлений воздушных потоков: утром и в первой половине дня ветер дует вдоль долины сверху вниз (от Ангренского плато вниз к устью Ахангарана), а во второй половине дня меняет направление. Таким образом загрязняющие вещества, выброшенные в атмосферу,

многократно циркулируют в долине Ахангарана и в долинах его основных притоков (это очень отчетливо прослеживается визуально при взгляде сверху - с гор или с самолета), при этом постепенно аэрозольные частицы (зола, цемент и др.) осаждаются на поверхностях водосборов; окислы серы и азота частично оседают вместе с пылью, а частично растворяются в конденсирующихся парах атмосферной влаги (особенно во время туманов, облачности и осадков) и в конце концов также достигают поверхности водосборов, а затем поступают в речную сеть в составе взвешенных и растворенных веществ.

В долинах бассейна Чирчика выбросы пыли и газообразных веществ в несколько раз меньше. Следует учесть, что интенсивность выбросов и седиментации веществ по массе соизмерима с природными процессами. В период с июня-июля по сентябрь-октябрь воздушные потоки (так называемый ветер "афганец") приносят тонкую пыль из прилегающих к региону пустынь; часть этой пыли также оседает и затем поступает в сток рек.

Установлено, что выброшенные в атмосферу оксиды серы и азота захватываются атмосферными осадками и возвращаются на поверхность почвы [18, 19, 20]. Эти сильные кислоты при таянии снежного покрова или разбавлении дождевой водой понижают водородный показатель (рН) атмосферных осадков ниже 5 - 6, что ускоряет процессы выветривания горных пород и усиливает вымывание Са, Mg, К и других химических элементов из почв, грунтов и наружных слоев горных пород при стоке талых и дождевых вод. При этом наблюдается связывание Р, активизация и мобилизация Al, Fe, Mg.

Значительное очищение воздушного бассейна происходит при выпадении снега. Снежные хлопья абсорбируют из атмосферы большое количество загрязняющих веществ, в том числе кислотообразующих газов и аэрозолей. Снежный покров на склонах гор в течение нескольких недель или месяцев в году служит аккумулятором загрязняющих веществ. Со снегом выпадает до 20 кг/га сульфатов и 15 кг/га нитратов [20]. В период снеготаяния всего за несколько дней эти вещества поступают в почву, способствуя выщелачиванию многих химических элементов из оттаявшего почвенного слоя, нанося существенный вред окружающей среде. До недавнего времени химические процессы, происходящие при дождях, снегопадах и в снежном покрове, практически не

исследовали. В основном определяли, какие вещества поступают в снег и стекают в водоемы с талыми водами.

В начале снеготаяния слабокислые талые воды нейтрализуются, мигрируя по слегка оттаявшему слою почв, выщелоченных, обогащенных гумусом и обменными основаниями. В период интенсивного стока, когда снег тает не только на хорошо инсолируемых склонах южной экспозиции, но и на холодных северных, вынос химических элементов поверхностным стоком талых вод заметно увеличивается. Вымывание талыми водами растворимых кальция и гумуса ослабляет связь между агрегатами почвы и создает условия для последующего отрыва этих агрегатов поверхностными водами с большой кинетической энергией потока, свойственной интенсивной фазе стока. Уровень концентрирования растворенных примесей в начальную фазу стока нередко в 10 раз выше, чем в снеге [21]. Подобная ситуация создается при воздействии двух факторов: физических процессов, происходящих при уплотнении снежного покрова и вызывающих в нем перераспределение загрязняющих примесей, а также в результате присутствия в снежном покрове слоев, имеющих различную степень загрязнения. В процессе таяния снега химические вещества переходят в талые воды с различной скоростью. В первую очередь освобождаются ионы сульфатов и нитратов. Это явление редко отражается в химическом составе речных вод, которые принимают талые воды со склонов различной экспозиции, где мощность снежного покрова также бывает различной. Дело в том, что в реки поступают талые воды из разных зон и слоев снежного покрова, которые тают с неодинаковой скоростью.

Явление выноса дождевыми осадками значительного количества воднорастворимых органических веществ, обменного кальция и магния (даже из ненарушенных почв умеренных склонов), усиливающееся при орошении и в условиях кислотных дождей, названное А. Танасиенко и А.Ф. Путилиным [22] геохимической миграцией, приводит к ослаблению связей между почвенными агрегатами и последующему выносу их водами с высокой кинетической энергией потока, что ведет впоследствии к эрозионному разрушению почв.

Изменение экологического состояния территории в связи с нарушением развития пойменных ландшафтов под влиянием водохозяйственных мероприятий проявляется в увеличении

подтоплений в верхнем бьефе гидроузлов и в уменьшении затопляемости (иссушении пойм) вследствие среза пиков паводков - в нижнем бьефе [23]. Оно оценено на трех уровнях: слабое уменьшение затопляемости пойм или слабое их подтопление и увеличение подтопляемости оценено в 1 балл; соответствующие средние изменения пойм оценены в 3 балла, а сильные - в 5 баллов экологической напряженности.

Естественное пересыхание рек считают самым неблагоприятным последствием из всех проявлений гидрологического режима рек, поскольку оно создает значительную экологическую напряженность, ограничивая возможности водопотребления для различных нужд людей и всей живой природы [24]. Для оценки пересыхания используют два параметра: 1) количество лет за период наблюдений, когда река пересыхала, выраженное в %; 2) максимальное за период наблюдений количество дней, на которое река пересыхала [25].

Изменение стока воды вследствие создания на реке водохранилищ оценивают по величине отношения полезного объема водохранилищ к 50%-ному объему годового стока. Степень экологической напряженности пропорциональна величине этого отношения. В заключение следует подчеркнуть, что даже на Ахангаране (с его очень трансформированной долиной и поймой и местами полностью уничтоженным руслом) уже в нескольких км ниже промзоны широкая пойма и полугорное русло приобретают естественный вид; выносы наносов из притоков (Дукент, Карабау, Нишбаш, Гушсай и др.) восстанавливают вызванные человеком нарушения в пойме и русле. Так же быстро восстанавливают вызванные человеком нарушения совсем малые реки, ручьи и даже временные водотоки в горах: они размывают отсыпки горных пород и полотно дорог, заносят наносами котлованы, ямы, траншеи, рытвины и т.д. Это лишний раз свидетельствует о высоком потенциале защитных сил Природы.

1.2. Современная климатическая обстановка в горах Центральной Азии (бассейн реки Пскем) и ее влияние на состояние оледенения и ледниковый сток

Климат является одним из основных факторов, формирующих водные ресурсы территорий, включая сток рек, ледники и озера, которые, в свою очередь, определяют активность таких негативных природных явлений, как оползни и гляциальные сели. В настоящее время происходят заметные изменения климата во всем мире. Цель данной работы – оценить эти изменения, как на территории Центральной Азии, так и для конкретного экономически и политически важного региона Республики Узбекистан - бассейна реки Пскем, правой составляющей р. Чирчик, относящейся к горной системе Западного Тянь-Шаня.

Область Западного Тянь-Шаня включает северо-западную часть территории, где располагаются меридиональные ориентированные хребта Пскемский, Чаткальский, Саидалашский и Угамский хребты, которые на севере ограничены широтным Таласским хребтом. Площадь срединного Тянь-Шаня составляет около 20% исследуемой горной территории. Наибольшую площадь занимает Чаткальский хребет, самым высоким является Пскемский хребет, самым низким Чаткальский.

Геологическое строение Срединного Тянь-Шаня отличается не только значительной пестротой и сложностью, но и неоднородностью. Хребты сложены в основном палеозойскими (нижний палеозой, девон, карбон часто в известняковой до фации), а отчасти и протерозойскими породами с громадной ролью герцинских гранитных и гранодиоритовых интрузий. Палеогеновые, неогеновые и четвертичные осадочные толщи развиты всюду в предгорьях и в межгорных долинах.

Район исследования лежит на северной окраине зоны южных пустынь субтропического пояса с умеренно тёплым летом и умеренно мягкой зимой. Климат недостаточно влажный. Максимум осадков приходится на весну. Годовая сумма осадков от 200 до 1000 мм и более на западных наветренных склонах хребтов. Устойчивый снежный покров появляется только на высоте 800-1000 м.

Степень оледенения района мала и ледники распределены неравномерно. Максимальная степень оледенения на юго-восточном

склоне Угамского хребта, минимальная в Чаткальском хребте самом низком в районе.

Крупные реки района имеют смешанное питание с господством ледниково-снегового, мелкие же, начинающиеся в среднегорье и низкогорье, питаются в основном подземными водами. Подземные воды в горах преимущественно трещинные, пресные в известняковых толщах трещинно-карстовые, жёсткие. Воды, насыщающие рыхлые осадочные толщи предгорий минерализованные, в современных аллювиальных отложениях пресные.

Первый каталог ледников Средней Азии по состоянию на 1930 год [26] включал 1223 ледника (из них 45 ледников относились к бассейну р. Пскем) с колебанием нижней границы оледенения в пределах от 3058 до 3942 м. Результаты гляциологических исследований в период 1930-1957 годы и данные, полученные при проведении работ в период Международного геофизического года (МГГ, 1957 – 1959 годы), были обобщены в многотомном издании «Каталог ледников СССР», где один из выпусков посвящен бассейну р. Пскем. На момент выхода Каталога в бассейне этой реки насчитывалось 250 ледников, общей площадью 127,8 км² [27]. С 1961 года Институт математики АН Уз ССР (с 1991 г. Институт геологии и геофизики АН РУз) и УГМС Уз ССР (Узгидромет и НИГМИ РУз) проводят эпизодические наземные и аэровизуальные наблюдения в верховьях р. Пскем. Результаты этих работ важны для составления прогноза изменений экологической ситуации в регионе, так как река Пскем является главным источником, обеспечивающим водохозяйственные нужды столицы Узбекистана – города Ташкент с его трехмиллионным населением и множества других населенных пунктов, промышленных и энергетических объектов, а также обширных сельскохозяйственных угодий.

Фоновое изменение общей гидрометеорологической обстановки на горной и равнинной территории Средней Азии (от 37,7 до 42,2° с.ш.) за многолетний период, описано многими авторами, например [28, 29]. Для анализа изменения климатической обстановки в Узбекистане использовались данные отклонений средней годовой температуры воздуха и годовых сумм осадков от многолетней нормы (базовая норма охватывает 1961 - 1990 гг.) по 50 метеорологическим станциям (МС), находящимся в различных физико-географических условиях [30]. Для частного бассейна р.

Пскем (басс. р. Сырдарья) рассматривались изменения климатических характеристик (сумма осадков и температура воздуха) вдоль продольного профиля от равнинной МС Ташкент ($H = 478$ м) и далее по долине р. Пскем - МС Пскем ($H = 1256$ м) - верховья реки Ойгаинг (МС Ойгаинг, $H = 2151$ м) за 1930-2010 годы (рис. 1.2.1). Рассчитывались изменения во времени среднегодовых величин, и величин, осредненных по сезонам: зима - XII-II месяцы - период выпадения основного количества осадков; лето - VI-VIII месяцы - время активного таяния на ледниках. Кроме того использовались среднесуточные температуры воздуха на МС Ташкент, Пскем, Ойгаинг за период 1970 – 2008 гг.

Для территории республики Узбекистан были рассчитаны коэффициент континентальности климата K_k [31] и коэффициент увлажнения деятельной поверхности $K_{увл}$ [31] и их изменения по высоте от равнинной части (МС Ташкент) - зона предгорья (МС Пскем) и до зоны среднегорья (МС Ойгаинг).



Рисунок 1.2.1- Карта расположения опорных метеорологических станций (МС) Ташкент, Пскем и Ойгаинг (на врезке)

Климатические характеристики.

Среднегодовая температура воздуха и суммы осадков. Для объективной оценки регионального изменения климата на территории Средней Азии были проанализированы изменения многолетних метеорологических показателей – средней летней температуры воздуха и годовых сумм осадков для территории выше 1500 м н.у.м. [29]. Оказалось, что на западной периферии Среднеазиатской горной системы горизонтальные и вертикальные градиенты температуры воздуха меняются во времени. Зимняя температура воздуха на территории Средней Азии растет значительно быстрее, чем летняя, при этом годовые суммы осадков остаются неизменными или слабо возрастают. Среднее для всех станций изменение годовых сумм осадков связано с изменением летней температуры воздуха: при увеличении осадков температура воздуха понижается. Наблюдалось возрастание тренда осадков на всех высотах с запада на восток (рис. 1.2.2) [30].

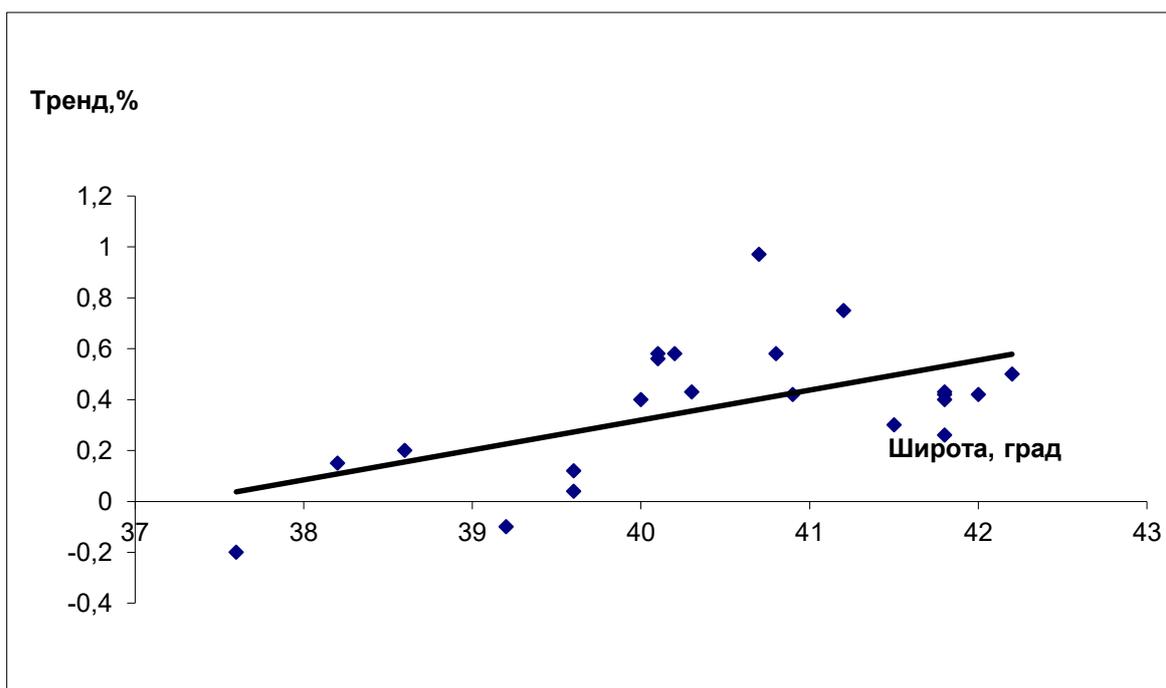


Рисунок 1.2.2 - Зависимость относительных линейных трендов годовых сумм осадков от широтного положения станции.

Для республики Узбекистан в целом тренд температуры воздуха, монотонно возрастал, в то время как осадки практически оставались неизменными (рис.1.2.3). Для продольного профиля изменения

среднегодовой температуры воздуха, осредненной по 10-летиям (T_{10}), как на равнине, так и в среднегорье происходили немонотонно с увеличением тренда в период 1998-2010 гг. (рис. 1.2.4), табл. 1.2.1

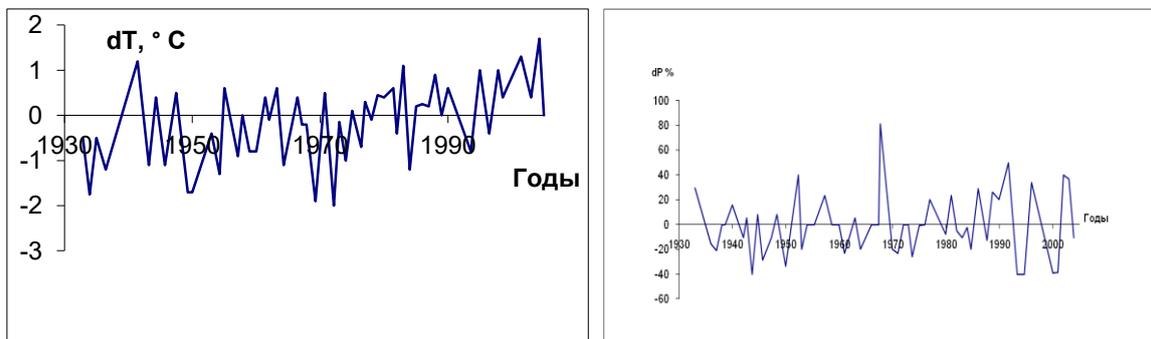


Рисунок 1.2.3 - Изменение среднегодовой температуры воздуха (dT) и годовых сумм осадков (dP) по Узбекистану от базовой нормы 1961 - 1990 гг.

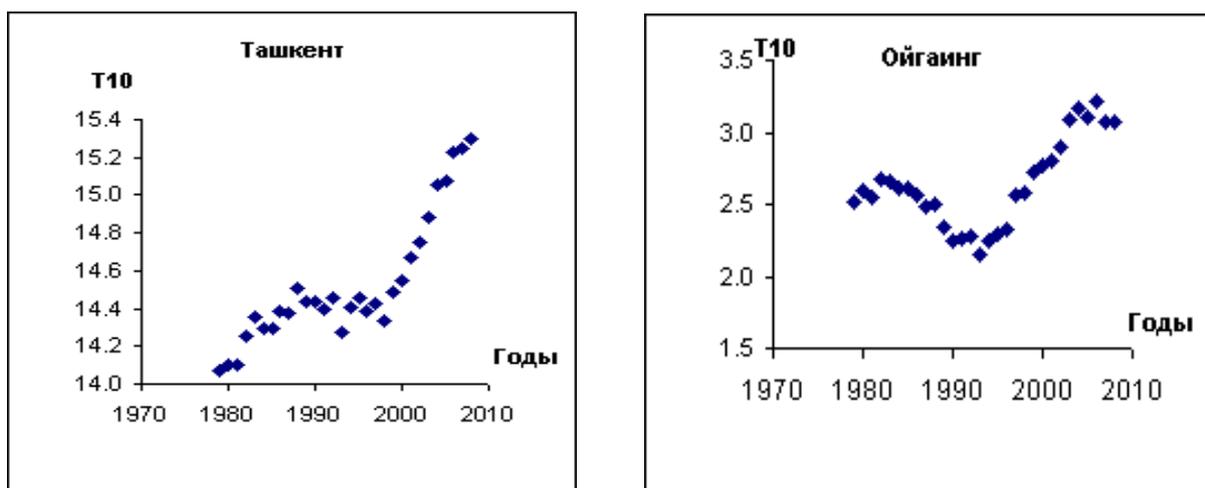


Рисунок 1.2.4 - Изменения величины T_{10} в период 1980 - 2010 гг.

Для выявления годового хода изменений температуры воздуха между периодами 1970-1998 (период 1) и 1998-2010 гг. (период 2) были построены графики изменения величины $dT = T_2 - T_1$, где T_1 и T_2 - средние температуры воздуха за каждый месяц соответствующего периода (рис. 1.2.5).

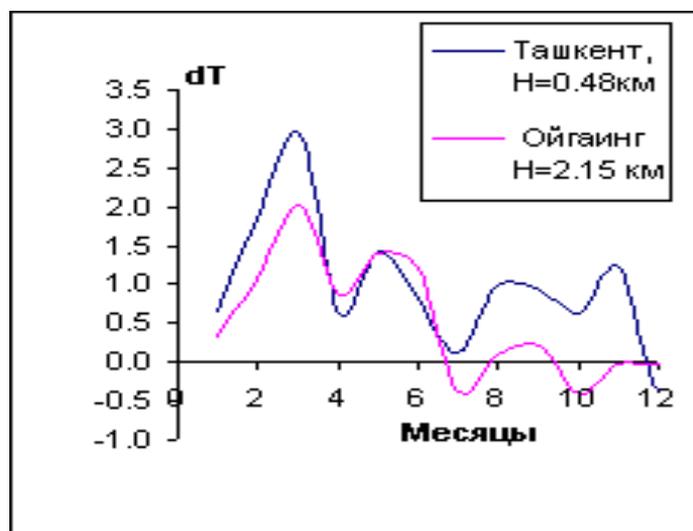


Рисунок 1.2.5 - Внутригодовые изменения величины dT , бассейн р. Пскем.

Анализ внутригодовых изменений температуры воздуха показал, что основное повышение температуры (до $3\text{ }^{\circ}\text{C}$) пришлось на весенние месяцы, особенно на март. В зимние месяцы на равнине температура воздуха росла быстрее, чем в зоне среднегорья. В последнее десятилетие на всем профиле зимы стали теплее, в летнее время тренд температуры воздуха был существенно ниже наблюдаемого зимой.

В бассейне р. Пскем изменение зимних сумм осадков с высотой происходит не монотонно (табл. 1.2.1). Это нарушение исчезает в летний период. От МС Пскем к МС Ойгаинг наблюдается уменьшение годового и зимнего количества осадков. При этом отмечается, что наибольшее количество осадков в зимний период и в год выпадает в зоне среднегорья (МС Пскем). Подведем некоторые итоги приведенного выше анализа изменения климатической ситуации. Основной вывод следующий: температура воздуха на территории Средней Азии, включая равнинную и горную часть Узбекистана, повышается, при примерном постоянстве количества осадков.

Климат Узбекистана отличается резкой континентальностью и низкой увлажненностью. Рассчитанные коэффициенты континентальности климата K_k и увлажненности деятельной поверхности $K_{увл}$ позволяют проследить их изменение по продольному профилю - от равнины до горной области. Континентальность климата уменьшается с высотой, что связано с понижением температуры воздуха и увеличением осадков (рис. 1.2.6).

Таблица 1.2.1

Среднее многолетнее количество осадков (мм) с 1970-2010 гг.

Станция	ΣX год	ΣX (X-II)	ΣX (VI-IX)
Ташкент	426	235	23
Пскем	858	478	87
Ойгаинг	738	372	121

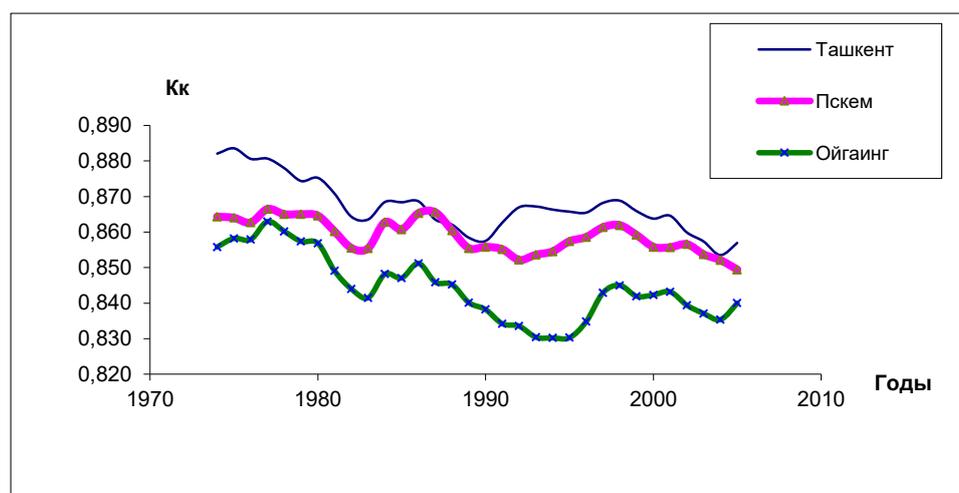


Рисунок 1.2.6 - Изменение Кк с высотой.

Территория Республики, за исключением Ташкентского оазиса с предгорьями, характеризуется недостаточной увлажненностью, однако расчеты показали некоторый рост увлажненности деятельной поверхности ($K_{увл}$) в среднегорье в последние годы (рис. 1.2.7)

Изменение оледенения.

Изменение климатических характеристик в регионе влияет как на размер оледенения, так и на таяние льда в летнее время. Общие процессы [32], происходящие при сокращении оледенения, следующие:

1. Исчезновение ледников площадью до 1 км²,
2. Распад крупных ледников и отделение притоков,
3. Уменьшение коэффициента оледенения за счет уменьшения площади аккумуляции
4. Увеличение площади морен и естественной загрязненности ледников.

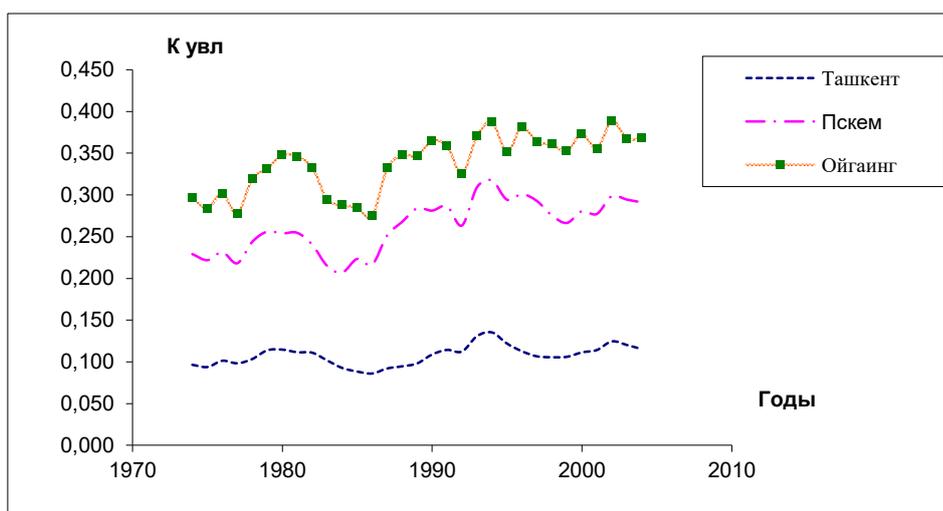


Рисунок 1.2.7 - Изменение $K_{увл}$ от равнин к среднегорью.

В работе [33] представлена зависимость относительной скорости сокращения площади ледников в бассейнах рек Центральной Азии dF/dt от индекса площади аккумуляции K_{ac} . Индекс площади аккумуляции показывает соотношение между изменением площади аккумуляции (F_{ac}) и площадью всего ледника или оледенения в целом (F_{gl}): $K_{ac} = F_{ac} / F_{gl}$. Даже при равенстве площадей аккумуляции и абляции происходит устойчивое сокращение размеров ледников Центральной Азии со средней скоростью около 0,5 % в год от начального значения площади оледенения.

Для примера, в табл. 1.2.2 представлены изменения суммарной площади ледников и площади моренного покрытия в процессе деградации оледенения на территории Памира и Гиссаро-Алая [34].

Использование космических снимков на базе TERRA-ASTER позволила оценить состояние оледенения в горной системе Гиссаро-Алай и сравнить темпы деградации оледенения за периоды 1957-1980 и 1980-2001 гг. [35]. В период с 1957 до 1980 годы большинство ледников Гиссаро-Алая с площадями от 2 до 5 км² значительно потеряли в своей площади, ледники с площадями менее 2 км² изменились не так существенно. Согласно данным на 2001 год общая площадь исследуемых ледников Гиссаро-Алая (басс. рек Шахимардан, Сох, Исфара и система Зеравшанского ледника) составили порядка 480 км². В 1980 году и в 1957 г. общая площадь ледников в этих бассейнах была 511 км² и 570 км² соответственно. Авторы констатируют, что для периода с 1980 - 2001 годы в этих бассейнах количество больших ледников уменьшается за счет их

распада, при этом увеличивается количество более мелких ледников. В этом случае увеличение заморенности языка ледника задерживает таяние ледниковой поверхности, что привело к замедлению темпов деградации: с 0,46 %/год до 0,27 %/год (табл. 1.2.3).

Таблица 1.2.2

Сокращение суммарной площади ледников на территории Центральной Азии (Fg – площадь оледенения, Fm – суммарная площадь ледников, покрытая мореной)

<u>Памир</u>			<u>Гиссаро-Алай</u>		
Годы	Fл, км ²	Fм, км ²	Годы	Fл, км ²	Fм, км ²
1961	7360	420	1957	2180	167
1980	6600	640	1980	1840	200
2005	(5770)*		2005	(1470)*	
%/год	0,52		%/год	0,81	

*- Рассчитанные данные Глазырина Г.Е.

Таблица 1.2.3

Средняя годовая скорость сокращения оледенения

Бассейн	Площадь оледенения, км ²			Средние годовые темпы деградации оледенения, %	
	1957	1980	2001	1957-1980	1980-2001
Шахимардан	39,46	30,14	28,19	1,03	0,31
Сох	246,26	214,63	198,25	0,56	0,36
Исфара	129,74	125,05	120,99	0,16	0,15
Зеравшан	156,57	141,62	135,10	0,42	0,22
Общее	572,03	511,44	482,53	0,46	0,27

Примерно те же темпы деградации за счет увеличения заморенности характерны, в частности, для региона Заилийского Алатау (Северный Тянь-Шань) [36]. На снижение темпов деградации в последние десятилетия в ледниковых бассейнах

Узбекистана указывает Е. Семакова [37]. Одной из возможных причин уменьшения темпов деградации ледников Узбекистана, в частности, может служить некоторое уменьшение континентальности климата с начала 80-х годов до 2005 года (рис. 1,6). Период 1971-1980 гг. был самым сухим и жарким, что не могло не отразиться на темпах деградации. В горных районах Гиссара и Памиро-Алая (Таджикистан) Финаев А.Ф. отмечает, стабилизацию оледенения в период с 1992 по 2010 годы и даже его увеличение за счет увеличения осадков [38]. Однако, на большей части горных систем мира темпы сокращения ледниковых ресурсов остаются высокими, причем «в последнее десятилетие они значительно возросли, особенно в континентальных сухих и приполярных районах (горы Центральной Азии, Аляски, Скалистые и Каскадные горы), что вполне согласуется с тенденциями изменения температуры воздуха и сокращения годовой аккумуляции снега» [39].

В целом климатическая ситуация во второй половине XX века являлась неблагоприятной для существования оледенения в Гиссаро-Алае и в целом на Памиро-Алае. За последние 45 лет ледники изучаемых бассейнов рек Гиссара-Алая потеряли порядка 16 % площади, площадь оледенения басс. р.Пскем сократились на 27% от площади на 1960 г., согласно [2.16] (табл. 1.2.4).

Таблица 1.2.4

**Изменение суммарной площади оледенения Гл в бассейне
р.Пскем.**

Год	Гл, км ²	Источник данных
1960	127,8	[Каталог .., 1968]
2010	93,6	[Семакова Э.Р., Семаков Д.Г., 2014]
1970	219,8	[Narama Ch., Kääb A., Duishonakunov M., Abdrakhmatov K., 2010]
2007	168,7	[Narama Ch., Kääb A., Duishonakunov M., Abdrakhmatov K., 2010]

Суммарная площадь оледенения по данным [40] в басс. р. Пскем на 1970 и 2007 годы отличается от цитированных источников в табл. 4. К вероятным причинам такого расхождения в площадях относятся, в первую очередь, географический охват территории. В работах Э. Семаковой рассматривались ледники бассейна р. Пскем,

сток с которых приходится только на территорию Узбекистана, в расчеты [41] включены все ледники этого района, причем сток с некоторых из них не попадает на территорию РУз. Во-вторых, исходные данные, используемые авторами, различны: Э. Семакова и др. сравнивали данные космоснимков с данными Каталога 1968 г.; Narama Ch. и др. в качестве начального источника использовали спутниковые снимки Corona за 1967-1970 гг., кроме указанных причин надо упомянуть о различных методах дешифрирования и несовпадении периодов сравнения.

При сокращении площади оледенения изменяется высота конца языка ледника. Для 27 ледниковых бассейнов была построена связь величины $\Delta H = Z_{\max} - H_{\min}$ (Z_{\max} - высота верхней границы оледенения, H_{\min} - минимальная высота языка ледника в бассейне) от температуры воздуха на высоте верхней границы оледенения $T(Z_{\max})$ [42].

$$\Delta H = -160,1 \times T(Z_{\max}) + 1237,6; \quad R = 0,927$$

Согласно приведенной формуле, при повышении температуры воздуха языки ледников как бы «подтягиваются» к верхней границе оледенения. Рассчитанная величина повышения средней высоты концов языков для бассейна р. Пскем составила 40-100 м.

Сток с ледников. Объем талой воды, поступающей с ледника, определяется суммарной площадью оледенения и температурой воздуха в летний период. Вопрос о влиянии сокращения оледенения на объем стока с ледника является дискуссионным. Часть исследователей говорит о сокращении доли ледниковой составляющей в общем объеме воды, поступающей в ледниковую реку, другая – о том, эта часть стока в процессе деградации ледников не меняется, хотя режим рек и, в первую очередь, внутригодовое распределение стока бесспорно реагируют на сокращение ледников.

Надо подчеркнуть, что мы используем определение ледникового стока, приведенное А.С. Щетинниковым, а именно: это сток, «формирующийся за счет таяния многолетних запасов льда и фирна (под которым понимается снег на ледниках, между выпадением и таянием которого прошло не менее 1 года» [43]. Это определение не совпадает с приведенным в гляциологическом словаре [44], однако последнее, по нашему мнению, мало подходит при интерпретации вклада ледников в годовой (и более) речной сток. С этим согласен,

например, В.А. Кузьмиченко [46]. Он подчеркивает, что определение ледникового стока, приводимое в гляциологическом словаре «может быть, верное с чисто геометрической точки зрения, вряд ли подходяще при интерпретации вклада ледников в годовой (и более) речной сток». Ледниковое питание рек формируется за счет таяния многолетних запасов льда и фирна: именно в этом заключается основная гидрологическая роль ледников – аккумулировать годичный избыток осадков, перераспределяя его таяние затем в многолетии.

Повышение летних температур воздуха ведет к изменению базовых величин абляции - стаивания льда и снега на поверхности ледника. При сокращении оледенения на 30 % величина стока будет близкой к норме при потеплении на 2 °С; при сокращении оледенения на 40 % и более повышение температуры воздуха потери стока уже не компенсирует [43]. При расчете таяния льда под мореной принималось, что ее средняя толщина равна 10 см, а величина таяния составляет половину от таяния чистого льда. Влияние летних снегопадов на абляцию автоматически включено в изменение температур воздуха в летний период.

Однако, роль ледникового стока в общем стоке реки за летний период конкретного года зависит от того, является ли данный год многоводным или маловодным. К многоводным можно отнести годы, когда сумма годовых (зимних) осадков составляет не менее 1,15 от их средней многолетней величины ($\sum X_{10-4}I / \sum X_{10-4}cp > 1,15$). К маловодным годам относятся годы, когда это отношение не превышает 0,80 ($\sum X_{10-4}I / \sum X_{10-4}cp < 0,80$) [48]. Пример расчетов для частного бассейна р.Ойгаинг помещен в табл. 1.2.5.

В работе [47] для оценки средней многолетней доли ледникового стока были выбраны бассейны рек с различными площадями оледенения в разных районах Средней Азии, для которых имеются многолетние ряды гидрологических и метеорологических наблюдений и сведения об изменении оледенения по данным трех инвентаризаций (Каталоги) ледников. Результаты расчетов приведены в табл. 1.2.6. В целом, для рек со значительной площадью оледенения в истоках, если говорить о расположенных в их низовьях постах, влияние сокращения

оледенения незначительно и в большинстве случаев лежит в пределах точности расчетов годового стока.

Таблица 1.2.5

Доля ледникового питания (Q_{gl}) в летнем стоке р. Ойгаинг (август – сентябрь) Q реки в маловодный и многоводный год.

Год	$(\sum X_{10-4} I / \sum X_{10-4} \text{ср})$	Q_{gl}/Q
Маловодные годы		
1961	0,53	25,6
1980	0,73	20,1
Многоводные годы		
1969	2,12	11,4
1987	1,44	13,9

Следовательно, доля ледникового питания в летние месяцы маловодного года может составить до 25 % общего стока реки, понижаясь в маловодный год до 10-12 %.

Разработанная модель расчета изменения оледенения и стока в зависимости от температуры воздуха (TS) на верхней границе оледенения (Z_{\max}) [48] позволила рассчитать минимальную высоту конца языка ледника НТ в бассейне, суммарную площадь оледенения S и объем ледникового стока (Q) при заданном шаге изменения температуры воздуха на $+0,03$ °C/год в бассейне р.Ойгаинг (табл.1.2.7).

Таблица 1.2.7

Результаты расчета параметров оледенения и ледникового стока для бассейна р.Ойгаинг

Год	$TS, ^\circ C$	$S, \text{ км}^2$	НТ, км	$Q, \text{ м}^3/\text{сек}$
1960	16,9	51,5	3,50	4,27
1980	17,3	47,0	3,54	4,40
2000	17,9	41,3	3,58	4,49
2020	18,5	36,5	3,63	4,51

Ледниковый сток остается практически неизменным при заданном тренде температуры воздуха, что свидетельствует об усиленном таянии и интенсивном расходе запасов льда.

Таблица 1.2.6

Оценка средней многолетней доли ледникового стока

Река	Пост	Площади оледенения бассейнов, км ²		Средний многолетний среднегодовой общий расход воды, Q _a , м ³ /сек	Средний за расчетный период суммарный сток с ледников, Q _{g1} , м ³ /сек	Доля Q _{g1} в общем стоке реки, %	Средняя за период часть лед.стока, вызванная изменением оледенения, Q _{g2}	Доля Q _{g2} в среднем годовом стоке реки, %
		Начальный	конечный					
Ойгаинг	Устье р.Коксу	33,8	25,8	12,8	2,71	21,2	0,26	2
Пскем	Муллала	114,4	89,4	76,8	9,36	12,2	0,71	0,9
Сох	Сарыканда	246,3	191,9	156	42,8	23,8	7,46	7,3
Заравшан	Худгиф	311,3	268,5	32,8	19,1	58,2	5,40	16,5
	Дупули	663,2	537,1	44,2	10,5	27,4	3,22	4,8
Язгулем	Мотравн	330,4	262,7	36	7,77	21,6	5,56	15,5

1.3. О связи оледенения, климата и тектоники

В качестве объектов исследований были выбраны два бассейна рек Чаткало-Кураминского региона: река Чирчик – Пскем-Ойгаинг, река Ахангаран и её составляющие реки Келинчек, Ташсай, Арашан. Верховья реки Чирчик содержат горное оледенение (Пскем и Чаткал). Река Ахангаран не имеет современного оледенения, в верховьях реки Ахангаран реки Ташсай и Арашан имели зародыши древнего оледенения вдоль осевой части Чаткальского хребта, о чём свидетельствуют в рельефе фронтальные морены этих оледенений на высотах 3300-3400 м над уровнем моря. В долинах вышеуказанных бассейнов рек сосредоточена наиболее представительная часть промышленности Узбекистана и такие промышленные города как Чирчик, Ташкент, Янгиюль, Ангрэн, Алмалык, Нурафшон и т.д.

Развитие оледенения происходит под действием двух основных факторов – климатического (экзогенного) и тектонического (эндогенного). Действие климатического фактора отражено в колебаниях снеговой границы (нижнего уровня хионосферы). Действие тектонического фактора приводит к изменению высоты горной системы. Вертикальные размеры оледенения определяются положительной разностью оледенения (расстоянием по вертикали между гребневой и снеговой линиями). Схема возникновения и эволюции оледенения в зависимости от взаимодействия обоих факторов показана на рисунке 1.3.1 [49].

Линия 1 показывает простейший случай, когда денудация водораздела и тектонический подъем полностью компенсируют друг друга, т. е. воздействие тектонического фактора постоянно во времени. Штриховая линия показывает изменение высоты снеговой границы во времени. Появление ледников происходит в момент пересечения гребневой линии с линией нулевого баланса твердых осадков (снеговой или фирновой линией). Соответственно, положение точки А показывает конец межледниковья, т.е. начало периода, благоприятного для развития ледников. Точка В характеризует положение снеговой линии при максимально благоприятном для ледников климате, точка С показывает конец эпохи, благоприятной для развития ледников и начало возможного их разрушения.

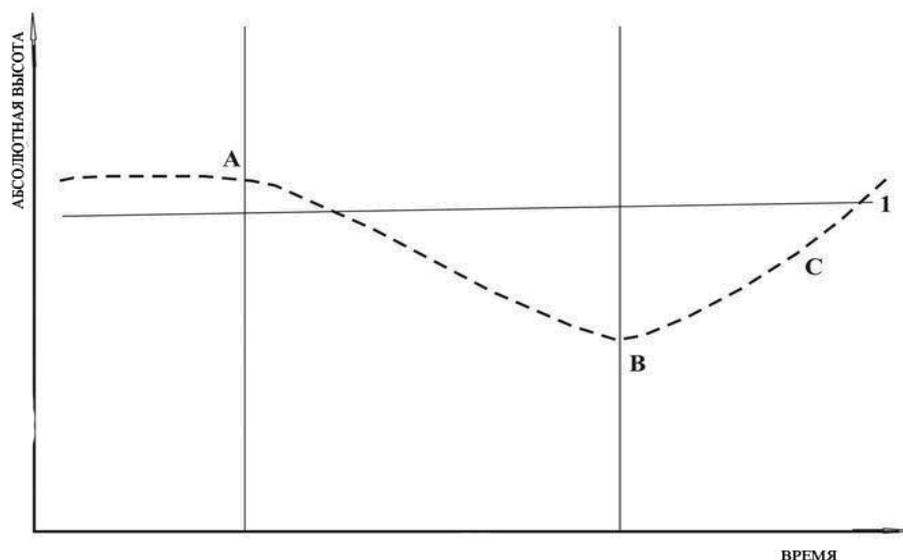


Рисунок 1.3.1 Влияние тектонической составляющей на метасинхронность развития ледников (схема).

Рассмотрим взаимодействие указанных факторов на примере Пскемского горно-ледникового бассейна. Влияние тектонического фактора определялось по данным [50]. Высота снеговой (фирновой) линии (климатический фактор) определялась по аналогии с данными о расположении палеоледника Аксу (Туркестанский хр.) [51].

Согласно данным Д.Б. Джамалова, голодностепский этап (Q_3) характеризуется тем, что “в горст-антиклинальных структурах (Угамская, Пскемская) амплитуда восходящих движений увеличивается с юго-запада на северо-восток” и составляет в интересующем нас районе ≈ 350 м. /данные карты/. В начале этого периода (Q_3^1) продолжительностью 60000 лет общее поднятие составляло ≈ 200 м, во второй части (Q_3^2) продолжительностью 30000 лет ≈ 150 м.

Амплитуда восходящих движений на протяжении Сырдарьинского этапа (Q_4), общей продолжительностью 10000 лет, составила ≈ 300 м. Таким образом, при современной высоте хребта 3884 м древнее положение его в начале периода Q_3^1 составляло 3234 м.

Для соответствия данным работы [51] расчет высоты хребтов проводился для следующих этапов: первая половина периода Q_3^1 (Q_3^{11} - поднятие 100 м), вторая его половина (Q_3^{12} – поднятие 100 м), первая половина периода Q_3^2 (Q_3^{21} – поднятие 75 м), вторая его половина (Q_3^{22} - поднятие 75 м), четыре раздела периода Q_4 (Q_4^1 ,

Q_4^2 , Q_4^3 , Q_4^4 – равномерное поднятие по 75 м за период). Высота хребта в каждом периоде характеризовалась средним значением из высот его начала и конца.

Используя осредненные данные об интенсивности вертикальных движений в регионе, можно путем обратного отсчета (от современных величин к древним) определить, в первом приближении, среднюю высоту Пскемского хребта в соответствующий период. Высота хребта в каждом периоде характеризовалась средним значением из высот его начала и конца.

С другой стороны, попытаемся методом аналогии восстановить высоту снеговой (фирновой) линии в рассматриваемом регионе. В работе [51] путем комплексного анализа геолого-геоморфологических данных получены величины площади древнего ледника Аксу и высоты его конца, соответствующие различным стадиям периодов Q_3 и Q_4 . Естественно, положение горизонталей на древнем леднике путем геоморфологической съемки древних моренных отложений восстановить не удалось. Поэтому для расчета высоты фирновой линии H_f на палеоледнике мы воспользовались методом Гефера [52], согласно которому высота фирновой линии определяется как среднее арифметическое из высот гребневой части и конца языка ледника (табл. 1.3.1).

Современная фирновая граница H_f в Пскемском хребте, вычисленная методом Гефера, расположена на 400 м ниже, чем в Туркестанском, что объясняется, по-видимому, более северным его расположением. Предполагая, что эта разница сохранялась в периоды Q_3 и Q_4 , по данным о H_f на палеоледнике Аксу можно восстановить ее высоту для Пскемского хребта.

Таблица 1.3.1

**Современные средние характеристики ледников
Туркестанского (район л. Аксу) и Пскемского хребтов, м.**

Хребет	Н верх. ледн.	Н языка	H_f Гефера	H_f измер.
Туркестанский	4421	3801	4110	4050
Пскемский	3912	3535	3720	3740

Восстановленные высоты хребта каждого периода и соответствующие величины H_f приведены в таблице 1.3.2.

Таблица 1.3.2.

Восстановленная высота Пскемского хребта и H_{ϕ} в периоды Q_3 и Q_4

Период	Н хребта	Н ϕ
Q_3^{11}	3180	3000
Q_3^{12}	3270	3300
Q_3^{21}	3360	3450
Q_3^{22}	3440	3500
Q_4^1	3560	3650
Q_4^2	3630	3480
Q_4^3	3690	3600
Соврем.	3880	3738

Из приведенных данных следует, что оледенение в Пскемском хребте существовало в периоде Q_3^{11} , деградировало или исчезало, начиная с Q_3^{12} до Q_4^1 , затем вновь «оживилось» в период Q_4^2 и продолжает существовать до настоящего времени.

Очевидно, что параметры оледенения зависят от тектонических и климатических характеристик региона [49]. Важнейшим тектоническим фактором в существовании и эволюции оледенения является высота хребтов и, следовательно, высота верхней границы ледников, как правило, приуроченная к ней. С другой стороны, существование ледников на любой высоте определяется климатическим фоном, проще говоря, условиями, благоприятными для накопления твердых осадков, – в первую очередь, низкой температурой воздуха в летнее время. Резонно предполагать наличие зависимости между параметрами оледенения в горных бассейнах и соответствующим территориальными характеристиками температуры.

Материалом для построения таких связей послужили данные о параметрах оледенения за период, наиболее надежно освещенный непосредственными наблюдениями и данными аэро- фото- и космосъемки (1950-1980 гг). Сводка результатов этих наблюдений помещена в издании «Каталог ледников СССР», Т. 14 [27] и справочном пособии [53, 54], содержащем данные о состоянии оледенения на 1980 г. Основной характеристикой оледенения выбранных бассейнов служила суммарная площадь оледенения по состоянию на время составления обоих изданий и верхняя граница оледенения.

Чтобы учесть особенности распределения температур по территории Средней Азии, температурные характеристики бассейнов рассчитывались по данным близлежащих метеостанций, список которых помещен в таблице 1.3.3.

В расчет вошли величины суммарной площади оледенения $\sum S$, относящиеся к 1970 (ориентировочно) и 1980 годам. В качестве климатической характеристики была выбрана средняя температура за период интенсивного таяния ледников (VI – IX месяцы) на высоте верхней границы оледенения ($T(Z_{\max})$), которая вычислялась следующим образом:

1. По данным соответствующей ГМС рассчитывалась ежегодная средняя температура воздуха за период июль – сентябрь (T_1).
2. Величины T_1 усреднялись за некоторый период (N лет), предшествующий году определения $\sum S$. (результат - T_1 ср)
3. Температура воздуха, используемая для построения связей $T(Z_{\max})$, вычислялась для высоты верхней границы оледенения Z_{\max} , приведенной в /2/. Расчет производился по формуле

$$T(Z_{\max}) = T_1 \text{ ср} + \gamma^* (H_{\text{ГМС}} - Z_{\max}),$$

где $\gamma = 6.5 \text{ }^\circ/1000\text{м}$.

Величина N , общая для всех бассейнов, определялась методом подбора, где критерием служила величина коэффициентов корреляции R связей $\sum S = F(T(Z_{\max}))$. Согласно наиболее высокой величине R было принято $N = 1$.

Таблица 1.3.3.

Список речных бассейнов, данные о которых использованы для анализа

№	Главный бассейн	Бассейн	Каталог [5]	Репрезентативные ГМС	$H_{\text{ГМС}}$ (м)
1	Сырдарья	Пскем	вып.1,ч 1	Ойгаинг	2115
2		Исфара	вып.1,ч 10	Хайдаркан	1970
3		Сох	вып.1,ч 10	Хайдаркан	
4		Шахимардан	вып.1,ч 10	Хайдаркан	
5		Исфайрамсай	вып.1,ч 9	Хайдаркан	
6		Аравансай	вып.1,ч 9	Хайдаркан	
7		Тар	вып.1, ч 8	Кизил-Джар	2230

8		Куршаб	вып.1, ч 8	Кизил-Джар	
9	Амударья	Зеравшан (Дупули)	вып.3, ч 1-2	Дехауз	2564
10		Самжон	вып.3, ч 1-2	Дехауз	
11		Мадрушкент	вып.3, ч 1-2	Дехауз	
12		Сурхат	вып.3, ч 1-2	Дехауз	
13		Искандердарья	вып.3, ч 1-2	Дехауз	
14		Пасруд	вып.3, ч 1-2	Дехауз	
15		Кштут	вып.3, ч 1-2	Дехауз	
16		Варзоб	вып.3,ч 5	Анзоб	3343
17		Сардай-Миена	вып.3,ч 5	Анзоб	
18		Сорво	вып.3,ч 5	Анзоб	
19		Коксу(Абр)	вып.3,ч 7	л.Абрамова	3837
20		Муксу	вып.3,ч 8	л.Федченко	4169
21		Кызылсу	вып.3,ч 7		
22		Ванч	вып.3,ч 11	л.Федченко	
23		Язгулем	вып.3,ч 12	л.Федченко	
24		Кудара	вып.3,ч 13	л.Федченко	
25		Аксу	вып.3,ч 14	Мургаб	3580
26		оз.Яшилькуль	вып.3,ч 14	Мургаб	
27		Шахдара	вып.3,ч15	Мургаб	

Расчет параметров связи $\sum S = F(T(Z_{\max}))$ производился в двух вариантах: линейном и полулогарифмическом. Соответствующие величины R приведены в таблице 1.3.4.

Таблица 1.3.4

Величины R для связей $\sum S = F(T(Z_{\max}))$

Y \ X	$\sum S$	$\ln(\sum S)$
$T(Z_{\max})$	-0.730	-0.829

Отрицательная величина R говорит о том, что, как и следовало ожидать, с увеличением летних температур воздуха (и соответственным увеличением таяния) площадь оледенения сокращается. Общее для всех значений $\sum S$ уравнение связи в полулогарифмической форме имеет вид:

$$\text{Ln}(\sum S) = -0.21 * T(Z_{\max}) + 3.09 \quad (1)$$

Отметим, что при малых величинах $\sum S$ наблюдается большой разброс данных, что приводит к ошибкам при вычислении с применением уравнения (1). Поэтому весь массив был разбит на 2 части – расчет производился отдельно для $\sum S < 50 \text{ км}^2$ и для $\sum S \geq 50 \text{ км}^2$. Соответствующие уравнения и коэффициенты корреляции R приведены в таблице 1.3.5.

Таблица 1.3.5.

**Уравнения связи и величины R для связей
 $\text{Ln}(\sum S_i) = F(T(Z_{\max}))$**

Область	Градации $\sum S$, (км ²)	$\text{Ln}(\sum S) = a * T(Z_{\max}) + b$	R
1	$\sum S < 50 \text{ км}^2$	$Y = -0.1862 * X + 2.6729$	-0.44
2	$\sum S \geq 50 \text{ км}^2$	$Y = -0.1333 * X + 4.1412$	-0.90

Низкая величина R для области (1) объясняется тем, что на оледенение небольших размеров существенно влияет ориентация склонов, конфигурация долин и другие геоморфологические факторы, действие которых скрадывается в районах с крупным оледенением.

Уравнения таблицы 5 дают возможность оценить возможные изменения оледенения в различных районах по прогнозируемым величинам изменения $T(Z_{\max})$.

Для реконструкции древнего оледенения в бассейне р. Пскем были применены величины $T(Z_{\max})$, соответствующие рассчитанным ранее по колебаниям языков ледников Текешсай-1 и Баркрак средний. Расчет проводился согласно уравнениям (таблица 5, область 2).

Для контроля современные величины $\sum S$ были рассчитаны согласно уравнению таблицы 14, область 2 (таблица 1.3.6).

Таблица 1.3.6.

Соотношение между вычисленными $\sum S_B$ и измеренными величинами $\sum S_{и}$ (басс. р. Пскем)

Дата	$\sum S_B(\text{км}^2)$	$\sum S_{и}(\text{км}^2)$	$\Delta\%(\sum S_B - \sum S_{и}) / \sum S_B$	Источник
1960	93.9	127.8	26.5	[5]
1980	71.9	106.1	32.3	[6]
2001	71.9	79.8	9.9	Данные Г.Е. Глазырина

Как видно из таблицы 6, измеренные величины ($\sum S_{и}$) превышают вычисленные ($\sum S_B$). Поэтому мы построили корреляционную зависимость между величинами $\sum S_{и}$ и $\sum S_B$ и ввели соответствующую поправку в величины $\sum S_B$, рассчитанные на основе палеотемператур $T(Z_{\max})$. Результаты помещены в таблице 1.3.7.

Таблица 1.3.7.

Реконструированные площади оледенения

№ п.п	Период (тыс. лет назад)	$T(Z_{\max})$	$\sum S_B \text{ км}^2$
1	2	-3.4	135
2	5-8	-3.6	141
3	12	-4.4	159

Восстановленные площади оледенения показывают, что в период от 12000 лет т. н. до 2 тыс. лет т. н. (голоцен) площадь оледенения убывала от 159 км² до 135 км². В раннем голоцене (согласно датированию [55]) она была больше современного ориентировочно в 2 раза, а к началу исторического периода (2000 л.н.) оледенение в исследуемом бассейне лишь на 6 % превышало уровень 1960 года и на 70 % современную величину. Отметим, что в период 3 (таблица 1.3.8) температура воздуха за теплый период года была ниже современной (2001 г) на 2.2 °С и постепенно повышалась до современных величин. Соответственное изменение таяния и привело к уменьшению оледенения.

Следует отметить, что древние фронтальные морены

сохраняют только наиболее значимые стадии изменения оледенения, между которыми, возможно, происходили более мелкие колебания, соответствовавшие флуктуациям климата, к примеру былое оледенение бассейна реки Ахангаран.

Восстановим ледниковый сток для реконструированных площадей древнего оледенения, помещенных в таблице 7. Поскольку многолетние синхронные наблюдения ледникового стока и температуры воздуха проводятся лишь на отдельных станциях, для получения связей оледенения и стока в районе были использованы данные по ГМС «Ледник Абрамова», для которого имеется длительный ряд соответствующих наблюдений. Мы предположили, что зависимость, полученную для л. Абрамова можно в первом приближении использовать для других ледниковых районов. Эта зависимость имеет вид:

$$Q_i/Q_c = 0.2945 * T_{i \text{ Пскем}} - 3.9252 \quad (2)$$

где $T_{i \text{ Пскем}}$ – температура воздуха на ГМС Пскем за период апрель-сентябрь (4-9), осредненная за i - тое десятилетие;

Q_c – сток с ледника, определенный по формуле К.Г. Садыкова [56]: $Q_c = 0.1 * S^{0.94}$;

Q_i - сток с ледника, осредненная за i -тое десятилетие.

Применение формулы Садыкова обусловлено тем, что формула позволяет рассчитать средний многолетний сток с ледника по известной площади ледника (в условиях отсутствия натуральных наблюдений за стоком) без учета изменений температуры, так сказать, его “базовую” величину.

Используя формулу (2), мы рассчитали Q_c (по данным таблицы 1.3.8), величины Q_i/Q_c , соответствующие реконструированным палеотемпературам ГМС Пскем, и затем вычислили Q_i . Результаты расчетов помещены в таблицу 1.3.8.

Для сравнения в таблице 1.3.8 приведены современные величины ледникового стока, рассчитанные аналогичным методом.

Как видно из таблицы 8, несмотря на существенное превышение площади палеооледенения по сравнению с 2001 годом (98.7 %), ледниковый сток в этот

период был ниже современного почти на 20 %. К сожалению, мы не можем по этим цифрам судить о суммарном стоке палеореки,

поскольку он наверняка дополнялся жидкими осадками в летний период, о чем говорит пониженная величина летней температуры воздуха.

Таблица 1.3.8.

Рассчитанные величины ледникового стока басс. р. Пскем

Дата	$\sum S_{в}, \text{км}^2$	$T^{\circ}_{\text{Пскем}}$ (4-9)	Q_i/Q_c	Q_c $\text{м}^3/\text{сек}$	$Q_i \text{ м}^3/\text{сек}$
2001	80	17.1	1.11	6.07	6.75
1980	106	16.9	1.05	8.01	8.44
2 т.л.н	135	16.2	0.85	10.12	8.55
5-8 т.л.н.	141	15.9	0.76	10.47	7.93
12 т.л.н	159	14.9	0.46	11.74	5.43

При реконструкции палеоклиматической картины широко применяется анализ распространенных литологических типов и групп отложений, которые представляют собой индикаторы климатических условий их образования. Для аридной зоны такими литологическими типами и отложениями являются песчаники, глины, соленосные отложения, фосфориты, аутигенные минералы железа, моренные отложения ледников, ленточные глины гляциальных озерных отложений и т.д. Взаимная корреляция палеоклиматических реконструкций дает наиболее реальную картину прошлых событий.

Процессы выветривания горных пород происходят под действием климатических факторов - одни минеральные соединения распадаются, другие возникают заново. Интенсивность этих процессов зависит от климатических условий, достигая наивысшей степени в тропиках и снижаясь до минимальной в областях холодного и сухого климата. В большой степени выветривание зависит от количества атмосферных осадков, т.к. вода оказывает сильное разлагающее воздействие на минералы горных пород; скорость и интенсивность этого воздействия возрастают с повышением температуры.

Древние отложенные морены высокогорных ледников содержат прослойки палеопочв, относящихся к периодам межледниковья. Характеристики стратиграфии и минерального состава почвенных разрезов моренных отложений позволяют судить

о климатических условиях периода образования соответствующего слоя и подойти, таким образом, к реконструкции климатической картины исследуемого региона.

Значительная роль в аутигенном минералообразовании принадлежит железу. Одним из его свойств является сравнительно легкий переход от двухвалентной формы (FeO) к трехвалентной (Fe₂O₃). В природных зонах с преимущественно сухим и переменным влажным климатом преобладает трехвалентное железо, в зонах с равномерно высокой влажностью ведущая роль переходит к двухвалентному. Таким образом, по соотношению содержания этих форм в почве (величина отношения FeO/Fe₂O₃) можно судить о степени увлажненности в период ее образования [57].

В качестве исходного материала для анализа использовались почвенные разрезы древних морен верховьев реки Пскем (ледники Текеш, Баркрак), Ханакасу (ледник Северцова), Киргизата (ледник Джолджилга) [58, 59, 60]. Обработка результатов производилась в лаборатории Байройтского Университета (Германия). Кроме того, использованы данные о моренных отложениях ледника Кхумбу (Непал) [61],

Во всех рассматриваемых бассейнах глубина расположения почвенных слоев находится в обратной зависимости от абсолютной высоты пункта взятия проб ($-0.44 < R < -0.40$). Толщина почвенных горизонтов также уменьшается с абсолютной высотой ($-0.34 < R < -0.46$). Очевидно, что на большей абсолютной высоте условия для развития почвенного покрова менее благоприятны, что отражается на интенсивности почвообразования и, в конечном счете, на мощности почвенных слоев.

В верховьях долины Пскема величина FeO/Fe₂O₃ практически не зависит от глубины и мощности почвенного горизонта, что говорит о постоянной сухости климата с незначительными вариациями (максимальный абсолютный возраст $T=2850 \pm 110$). Аналогичная картина наблюдается в долине Ханакасу ($T=5245 \pm 70$) и Киргизата ($T=5675 \pm 80$).

Отметим некоторое увеличение отношения FeO/Fe₂O₃ в самом западном районе - бассейне р. Ханакасу - по сравнению с северо-восточным Тянь-Шанем (табл. 1.3.9).

Это говорит о сравнительно большей увлажненности западной периферии Тянь-Шаня, аналогичной современному состоянию климата. Такое же явление наблюдается при сравнении величин

FeO/Fe₂O₃ на территории Тянь-Шаня и Гималаев (ледник Кхумбу), где повышенная увлажненность обусловлена летними муссонами.

Таблица 1.3.9.

Характеристики величин FeO/Fe₂O₃ в различных районах

Район	Долгота, °	FeO/Fe ₂ O ₃		
		Средняя	Max	Min
Ханакасу	67.6	0.16	0.25	0.06
Пскем	70.9	0.11	0.23	0.02
Киргизата	72.6	0.13	0.17	0.09
Кхумбу	86.7	0.38	1.25	0.09

Для уточнения картины порайонного распределения величин FeO/Fe₂O₃ применялся факторный анализ. При этом исследуемые районы были объединены в две группы. Первая представлена районами северо-западного Тянь-Шаня, занимающими ориентировочно центральное положение по широте (Пскем, Киргизата) и более западным, т.е. более подверженным влиянию западного переноса бассейном Ханакасу. Вторая включала данные по тем же «центральным» районам и расположенному намного восточнее району л. Кхумбу, находящемуся в зоне муссонного климата. Для обеих групп в качестве преобладающего фактора F1 выделилась долгота района, но с противоположным влиянием на маркирующую величину FeO/Fe₂O₃. Для бассейна первой группы данных F1 < 0 с преобладающим вкладом в накопленную дисперсию 0.411 (уменьшение долготы - продвижение на запад - вызывает увеличение отношения FeO/Fe₂O₃ и утолщение почвенных горизонтов). Для второй группы F1 > 0, вклад в накопленную дисперсию 0.495 (увеличение долготы - продвижение в зону летних муссонов - приводит к тем же результатам). Таким образом, можно отметить, что даже незначительное изменение маркирующей величины FeO/Fe₂O₃ (в данном случае, порядка 0.03-0.04) указывает на существенные изменения в увлажненности района (или периода почвообразования). Отметим также, что по данным абсолютного возраста почвенных горизонтов глубина расположения примерно одновозрастных слоев (T ≈ 5.5 тыс. лет) в районе Ханакасу существенно больше, чем в бассейне Киргизата, что, наряду с тектоническими причинами, может объясняться повышенной

увлажненностью климата, благоприятной для процессов почвообразования.

Хорошо разработанная сеть речных долин сформировалась при плювиальном климате плейстоцена. В этот период на поверхность аридной зоны выпадало большое количество атмосферных осадков, которые формировали высокий поверхностный сток [62, 63].

Сравнивая части горных систем (Западный и Восточный Тянь-Шань) в отношении степени развития гидрографической сети, можно получить сведения, указывающие на распределение атмосферных осадков в течение всего периода формирования современного рельефа. На Западном Тянь-Шане речная сеть густая, сложно разветвленная, с глубокими врезами, с большим количеством отложенного аллювия; на территории Восточного Тянь-Шаня – редкая, слабо разветвленная, неглубоко врезанная, с ограниченной аккумулятивной деятельностью. Это говорит о том, что Западный и Восточный Тянь-Шань, Западный и Восточный Памир – области с разной степенью увлажненности, причем западные области горных систем увлажнялись более интенсивно.

Западные области Средней Азии – Западный Тянь-Шань и Западный Памир находятся под влиянием атлантического воздушного течения, приносящего значительное количество осадков. Большая их часть выпадает в высоком поясе хребтов, обеспечивая формирование оледенения и мощный поверхностный сток (на высоте 1500 – 3000 м выпадает 1000 мм/год и более). К востоку, по мере удаления от сферы влияния атлантического переноса и вхождения в аридную область Гоби, климат Тянь-Шаня становится более континентальным. Количество атмосферных осадков в этой области уменьшается до 500-400 мм/год, а в восточных отрогах системы до 100-150 мм/год [63].

Различия в степени увлажнения Западного и Восточного Тянь-Шаня (Памира) существует издавна, во всяком случае, в течение всего плейстоцена, и нашли свое отражение, как в морфологии его хребтов, так и в видовом составе растительности.

Западный Тянь-Шань, и в прошлом более увлажненный, оказался расчлененным глубже и дробнее. Общий объем его речных долин больше, а водоразделы соответственно уже. Останцы древнего пенеплена, на основе которого сформировался Тянь-Шань, мало сохранились и незначительны по площади. Рельеф этой части

горной системы приближается к альпийскому [54, 64].

В Восточном Тянь-Шане, более континентальном в прошлом, речная сеть редкая, слабо разветвленная и менее глубоко врезаемая, водоразделы соответственно шире и массивнее. Древний пенеплен сохранился повсеместно, и не только на главных, но и на боковых водоразделах. Мало затронуты эрозионным расчленением тектонические уступы, разделяющие отдельные ступени рельефа. В результате глыбовая морфология хребтов Тянь-Шаня в его Восточной части оказалась мало измененной.

Объем и характер обломочных отложений неоген-плейстоцена, которые вынесены из Тянь-Шаня и отложены в его периферических впадинах, меняются с запада на восток в полном соответствии с отмеченными изменениями морфологического облика хребтов.

Во впадинах Западного Тянь-Шаня обломочные толщи неогена и плейстоцена обладают большими мощностями и площадями распространения; сложены преимущественно аллювиальными отложениями. Во впадинах Центрального Тянь-Шаня масштабы накопления осадков уменьшаются, а во впадинах Восточного Тянь-Шаня становятся совсем незначительными, в связи с чем появляются своеобразные, очень редкие в условиях материка недокомпенсированные прогибы (Турфанский). Литологический тип осадков изменяется от аллювиального к пролювиальному [65].

Сходная картина изменений строения речной сети, морфологии хребтов и фациального типа предгорных отложений выявляется при сопоставлении лучше увлажненного в неоген-плейстоцене Западного Памира и сухого Восточного Памира.

В общем, рельефообразующая роль речной эрозии изменяется по климатическим зонам, достигая максимального значения в областях влажного климата и минимального – в условиях сухого климата. Характер строения речной сети, степень ее развития, объемы речных выносов и их фациальные типы являются показателями региональных типов древнего климата.

1.4. Речное осадконакопление Чаткало-Кураминского региона в четвертичном периоде

Выяснению роли эндогенных процессов в формировании осадконакопления в четвертичном периоде посвящено много исследований [49, 66, 67, 68]. В них подробно исследована роль геодинамических факторов, в частности тектоники, на процессы осадконакопления по этапам четвертичного периода. Выяснить роль экзогенных факторов на процессы осадконакопления, в общем, кажется наиболее тривиальным, хотя, в частности, влияние климатических факторов, физических и механических свойств горных пород, геохимии почв, их увлажнённости до сих пор детально не изучено, даже на протяжении четвертичного периода. Если это влияние каким-то образом исследовалось на протяжении последних 100-150 лет, то оценить роль этих факторов на протяжении всего четвертичного периода представляется сложным, в связи с изменением климата. Одним из наиболее привлекательных методов для их оценки являются геоморфологические методы, в первую очередь развитие речных террас, которые являются отображением геодинамических процессов и изменения климатической картины региона. Если динамика речных террас была детально изучена для гумидных регионов, то в аридной зоне и в горных областях этот вопрос является дискуссионным. История исследования четвертичных отложений связана в основном с историей древнего четвертичного континентального оледенения. Историей древнего горного оледенения Средней Азии занимались Трофимов А.К., Вебер В.Н., Корженевский Н.Л. и др. Древнее оледенение Средней Азии отмечается впервые в эоплейстоцене в Дарвазском хребте. История выноса четвертичных отложений с горной территории Средней Азии связана с изменением гидрографической сети, в связи с современной тектоникой региона. Мощность подгорных отложений в Средней Азии достигает сотен метров. По литологии эти отложения очень однообразны. Это лёссово-галечниковые толщи пролювиального происхождения. В верхних горизонтах подгорных отложений древний пролювий постепенно переходит в современный. Благодаря отложению взвешенных частиц, обогащенных элементами питания и образующих так называемый свежееотложенный слой, почва ежегодно омолаживается, и её естественное плодородие, таким

образом, восстанавливается. По данным А.Н.Султанходжаева, мощность осадочных отложений в Ферганской долине достигает 10 км. Из них четвертичные отложения имеют мощность порядка 700-800 м. Аналогичные мощности четвертичных отложений имеют Бричмулинская котловина и Гиссарская долина. Если произвести грубую оценку объема четвертичных отложений от подгорных областей до Приаралья, где мощность четвертичных отложений колеблется от нескольких метров до нескольких десятков метров, получится ориентировочно $0,2 \times 10^6$ км³. Уклон рек в платформенной части, как обычно, изменяется в незначительных пределах и достигает от 0,02 до 0,12 м/км.

Вода, стекающая по поверхности, под действием силы тяжести непрерывно производит работу. Величина этой работы зависит от массы стекающей воды (расход) и угла падения реки в пределах рассматриваемого участка. Отметка плоскости уровня водоёма, в который впадает река, (океан или внутриматериковый водоём), определяет как общую энергию потока, так и величину предельных уклонов в нижней части реки. Эта плоскость уровня есть нижний базис эрозии реки. Изменение отметки базиса эрозии влечет за собой изменение размывающей энергии потока. Понижение отметки базиса эрозии вызывает усиление размыва, повышение приводит к усилению отложения наносов.

Энергия потока расходуется в большей степени на преодоление внутреннего сопротивления движения воды, возникающего вследствие трения частиц жидкости между собой. Остальная, меньшая часть энергии потока, представляющая большой интерес, тратится на размыв твердых пород материка и русла и перемещение продуктов размыва с повышенных мест бассейна в пониженные части. Именно этой энергией и обуславливаются все процессы денудации, а именно:

- 1.Смыв частиц грунта с поверхности, или эрозия;
- 2.Перенос частиц вниз по течению;
- 3.Отложение или аккумуляция частиц. Способствует процессам денудации (оползневые, селевые, лавинные, осыпные явления).

Перенос продуктов размыва в зависимости от их веса в скорости течения реки, осуществляется в виде:

- 1.Взвешенных наносов
- 2.Влекомых по дну, или донных наносов.

Процессы эрозии и аккумуляции имеют место одновременно на

всём протяжении реки. Однако интенсивность этих процессов на различных участках неодинакова. В верховьях реки, где скорость течения значительна, эрозия преобладает над аккумуляцией, и русло реки постепенно углубляется. Таким образом более крупные взвешенные в воде частицы уносятся основным русловым потоком вниз по течению, а в медленно заливающей центральную пойму воде остаются только наиболее мелкие частицы - глинистые и иловатые. Этот материал образует глинистый или суглинистый наиллок, который после спада воды высыхает, расслаивается и под воздействием корней луговых трав распадается на мелкие комочки-зерна размером в несколько миллиметров. В среднем течении процессы эрозии и аккумуляция взаимно уравниваются, вследствие чего продольный профиль реки на этом участке находится в состоянии равновесия. Наконец, в нижней части реки аккумуляция преобладает над эрозией, обуславливая постепенное повышение дна русла, как пример Заунгузские Каракумы. Таким образом, в верхних частях реки преобладает глубинная эрозия, а в нижней - аккумуляция и боковая эрозия.

Интенсивность процесса размыва будет различна при одном и том же уклоне, но при разной крупности частиц, слагающих русло реки. С этой точки зрения, реки с большим уклоном могут быть более устойчивыми, если диаметр частиц их ложа значительно больше. Так в работе [69] представлена связь между средней шириной реки и ее глубиной.

$$\left(\frac{B}{H}\right)^{0,5} = \alpha$$

где $\alpha = 1,4$ для горных рек.

Учитывая, что расход Q связан со скоростью реки V , ее шириной B и глубиной H соотношением: $Q = VBH$, в конечном итоге установлено, что:

$$B^3 = Q^2 \alpha^2 / (1/nH^{0,7} J^{0,5})^2, \quad (1)$$

где n - коэффициент шероховатости, J - уклон реки.

Решение уравнения (1) имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} B^{0,5} &= \alpha^{0,46} \cdot Q^{0,27} \cdot n^{0,27} \cdot y^{0,135} \\ H &= \alpha^{0,54} \cdot Q^{0,27} \cdot n^{0,27} \cdot y^{-0,14} \\ V &= \alpha^{-0,38} \cdot Q^{0,19} \cdot n^{-0,81} \cdot y^{0,41} \end{aligned} \right\}. \quad (2)$$

Для получения гидродинамических параметров были исследованы следующие реки: Келес, Чаткал, Пскем, Ангрэн и

Сырдарья, для чего были разбиты поперечные геоморфологические профили вдоль рек. Согласно этим профилям были реконструированы уклоны палеорек по этапам четвертичного периода (табл. 1.4.1).

Таблица 1.4.1

Реконструированные уклоны рек по этапам четвертичного периода, м/км [70]

Эпоха периода	Река				
	Чаткал	Пскем	Ангрен	Сырдарья	Келес
Q_4^c	0/0,0052	0/0,0116	0/0,0093	0/0,00033	0,0054
Q_4	0,0006/0,0058	0,0006/0,00122	0,1004/0,0097	0,00002/0,00035	0,00014/0,0060
Q_3	0,0001/0,0057	0,0004/0,0126	0,0001/0,0098	0,00004/0,00039	0,0002/0,0062
Q_2^2	0,0005/0,0062	0,0004/0,0130	0,0003/0,0101	0,00001/0,00040	0,0003/0,0065
Q_2^1	0,0002/0,0064	0,0003/0,0133	0,0038/0,0139	-	0,0119/0,0184
Q_1	0,0011/0,0075	0,0006/0,0139	0,00002/0,01392	-	-
Q_E	0,0008/0,0083	0,0001/0,0140	0,0032/0,0172	-	-

Примечание: В числителе изменение уклона, в знаменателе уклон, определенный по этапам четвертичного периода по террасам. Q_4^c - современный этап, Q_4 - голоцен, Q_3 - поздний неоплейстоцен, Q_2^2 - поздний средний неоплейстоцен, Q_2^1 - ранний средний неоплейстоцен, Q_1 - ранний неоплейстоцен, Q_E - эоплейстоцен.

Формула М.А. Великанова [69] показывает, что ширина, глубина и скорость воды в реке является функцией расхода и угла уклона реки, а от этих параметров зависит величина смыва твердого вещества в бассейне реки.

Для полной реконструкции палеостока необходимо реконструировать также ширину и глубину палеореки, что практически невозможно. Единственный параметр, который поддается палеореконструкции, это палеоуклон. Поэтому при расчетах принималось допущение, что расходы воды не менялись во времени. Были просчитаны варианты: а) палеосток равен современному, б) палеосток больше современного в два-три раза при одних и тех же палеоуклонах. Из полученных расчетов по обоим

вариантам следует главный вывод - скорость воды в реках уменьшалась от эоплейстоцена до современности. Согласно формуле, Е.А. Замарина [71].

$$q = 0,22 \left(\frac{V}{W_0} \right) \cdot R^{0,5} \cdot J \cdot \frac{V}{W}, \quad (3)$$

где q - транспортирующая способность потока в $\text{кг}^3/\text{м}$, V - средняя скорость течения в $\text{м}/\text{с}$, R - гидравлический радиус в м , J - гидравлический уклон потока, W - средневзвешенная гидравлическая крупность взвешенных наносов в $\text{м}/\text{с}$.

Отсюда следует, что чем больше скорость воды и уклон реки, тем больше река выносит твердых веществ во взвешенном состоянии. Так как скорость воды определяется уклоном реки, то уклон является определяющим при выносе твердых веществ в бассейне.

В отличие от равнинной речной сети, в горах гидрографическая сеть повторяет регматическую систему, сложившуюся в результате тектонических движений. Если на равнине, вследствие ускорения Кориолиса, реки подмывают тот или иной берег в зависимости от полушария, то в горах они менее подвержены этому процессу, так как берега рек сложены коренными породами. Горные реки, характеризующиеся выработанными руслами, с берегами, сложенными коренными породами, выносят меньше взвешенных наносов, чем реки, которые ещё не успели выработать русло, а для этого требуется достаточное время.

Согласно (3) были получены ориентировочные значения выноса (смыва) наносов в середине 20 века (30-50 гг.) с водосборов рек Чаткало- Кураминского региона (табл. 1.4.2). Такое разнообразие в величинах смыва наносов объясняется молодостью эрозионных процессов [72]. По В. Л. Шульцу величина объёмного веса равна $2,5 \text{ т}/\text{м}^3$. Используя её можно получить значения понижения поверхностей водосборов в результате смыва с учетом стока растворенных веществ. Для понижения поверхности водосбора р. Чаткал на 1 м требуется около 190000 лет, для р. Пскем - 45000 лет, для р. Угам - 10000 лет, для р. Чирчик - 217000 лет, для р. Ангрен - 170000 лет.

Следует оговориться, что возраст понижения будет справедлив, если гидрологические характеристики не будут изменяться, что в конечном итоге допускает малую вариабельность

тектонических процессов и климатической картины в четвертичном периоде без учета экстремальных природных явлений.

Таблица 1.4.2.

Понижение поверхностей водосборов в результате смыва

Река	Понижение поверхности в мм/год	т/км ² -год
Чаткал	0,0053	91
Пскем	0,022	154
Угам	0,1003	223
Чирчик	0,0045	165
Ангрен	0,0060	60,42

Таким образом, судя по выносу взвешенных наносов на реках Чаткал и Ангрен, а также по их палеостоку авторы пришли к выводу, что реки являются одновозрастными. К ним, возможно, по углам наклона русла можно отнести также р. Келес. В зависимости от изменений режима реки во времени, отложения приобретают характерную слоистость, то крупную, когда скорость течения мало изменяется в продолжение довольно длительного времени, то мелкую, когда скорость течения значительно изменяется ежегодно или даже на протяжении одного половодья. Следует отметить, что полученные расчетные данные не учитывают действия экстремальных природных явлений.

1.5. Морфометрический анализ голоцен - четвертичных отложений верховьев реки Пскем на основе применения ГИС технологий

В последнее десятилетие в науке о Земле главенствующее положение завоевал системный подход, что в свою очередь обусловило создание нового понятия «геосистема». В геологической практике под геологической системой принято понимать пространственную совокупность взаимосвязанных геологических тел (элементов) и процессов. Все элементы геологической системы подчинены строгому порядку и последовательности смены состояний каждого относительно других.

Процесс взаимодействия в системе «человек – природа» протекает с возрастающей интенсивностью. Ему сопутствуют

постоянные нарушения взаимосвязи компонентов природно-территориальных комплексов. Поэтому любому вмешательству человека в природные процессы должно предшествовать получения максимальной информации о них.

Рельеф является одним из главных факторов, обуславливающих развитие природно-территориальных комплексов (геосистем) с различными природными процессами на поверхности Земли. Он во многом определяет особенности формирования поверхностного стока и всего спектра склоновых процессов, определяя тем самым, ландшафтную дифференциацию даже на локальных территориях. Для его изучения необходима не только характеристика современного состояния, но и данные об истории рельефообразования и выявление естественной направленности развития.

Анализ вклада рельефа в функционирование геосистем требует его количественной характеристики. В этом аспекте, одним из самых эффективных методов является морфометрический анализ. Именно он широко используется в геоморфологии и предназначен для количественного подтверждения изменения сущности изучаемых объектов через их форму. Использование морфометрического анализа не ограничивается только геоморфологией, его применение гораздо шире, он применяется для решения самых различных геоэкологических задач.

Рельеф наилучшим образом может быть охарактеризован морфометрическими показателями, зафиксированными на картах. Однако, получение количественной информации о рельефе и построение морфометрических карт традиционными «ручными» методами сопряжено с высокой трудоемкостью. Недостатками ручного метода являются:

- 1) возможность возникновения ошибок при копировании, которые повлияют на результаты анализа;
- 2) большая часть времени уходит на механическое копирование необходимой информации.

Интенсивное развитие геоинформационных технологий (ГИС) позволяет существенно упростить получение массового количественного материала по рельефу и имеет ряд преимуществ:

- оперативность и экономия затрат труда;
- повышенная точность картографирования;

- возможность работы в интерактивном (диалоговом) режиме, позволяющем выполнять разностороннюю оценку;
- применение современных графических пакетов программ и улучшение качества изображения и дизайна;
- привлечение сложных математических приемов создания и использования карт (трехмерное картографическое моделирование);
- возможность создания и использования новых карт, позволяющих изучать явления в статике, динамике и взаимосвязях.

Целью данного раздела является анализ морфометрических характеристик и районирование рельефа изучаемого района с использованием ГИС - технологий в аспекте решения геоэкологических задач (оценка роли рельефа в развитие неблагоприятных экзогенных процессов (оползни, сели и др.)).

В ходе работы решались следующие задачи:

1. Комплексный морфометрический анализ рельефа бас. р.Пскем средствами ГИС-технологий:

- Построение цифровых моделей рельефа (ЦМР) для Ташкентской области и бас. р.Пскем;
- На основе (ЦМР) бас. р.Пскем определение площадного распределения по высотным зонам;
- На основе (ЦМР) бас. р.Пскем выявление площадного распределения типов рельефа в бассейне реки Пскем;
- На основе ЦМР бас. р.Пскем определение распределения крутизны склонов в бассейне по площади;
- Проведение пространственного анализа выявленного площадного распределения рельефа по высотным зонам с выявленным площадным распределением типов рельефа и распределения крутизны склонов бас. р.Пскем по площади;

2. Комплексный морфометрический анализ рельефа бас. р.Ойгаинг средствами ГИС-технологий:

- На основе (ЦМР) бас. р.Ойгаинг выделение типов рельефа и их площади как для главных рельефообразующих факторов при анализе соотношения эндогенных и экзогенных сил;
- Детальная характеристика типов рельефа, выделение геоморфологических форм рельефа, связанных с работой текущих вод, ледниковых потоков и других процессов в бас. р.Ойгаинг;
- Выявление распределения геоморфологических форм рельефа в бас. р.Ойгаинг по площади;

- Выявление распространения четвертичных отложений в бас. р.Ойгаинг.

Исходные материалы:

В качестве исходной информации для получения ЦМР были использованы карты Ташкентской области (1:200000) и бассейна реки Пскем (территория Республики Узбекистан (1:50000). В качестве дополнительных данных использовались данные о линейных объектах гидросети, а также контуры ледников. Были построены цифровые карты Ташкентской области (рисунок 1.5.1) и 3D модель рельефа (рис. 1.5.2). Была построена цифровая карта бас. р.Пскем (рис. 1.5.3) и на основе ЦМР в модуле 3D MAPINFO была создана трёхмерная модель рельефа бас. р.Пскем (рис. 1.5.4).

На основе ЦМР впервые построена карта распределения площади бассейна реки Пскем по высотным зонам (рис. 1.5.5). Количественное распределение площадей по высотным зонам в бас. р.Пскем, рассчитанное на основе ЦМР, помещено в таблицу 1.5.1.

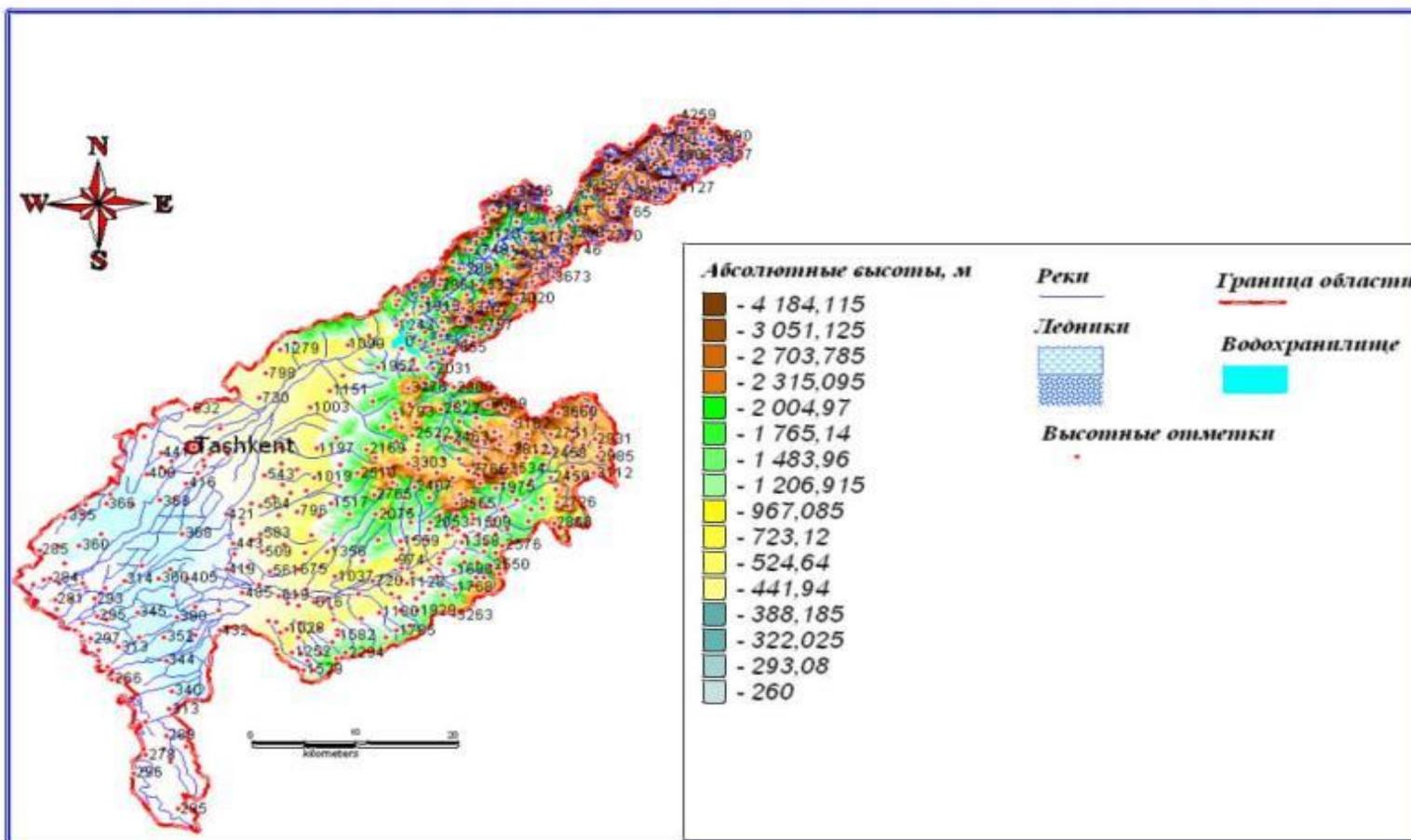


Рисунок 1.5.1 – Цифровая модель рельефа Ташкентской области.

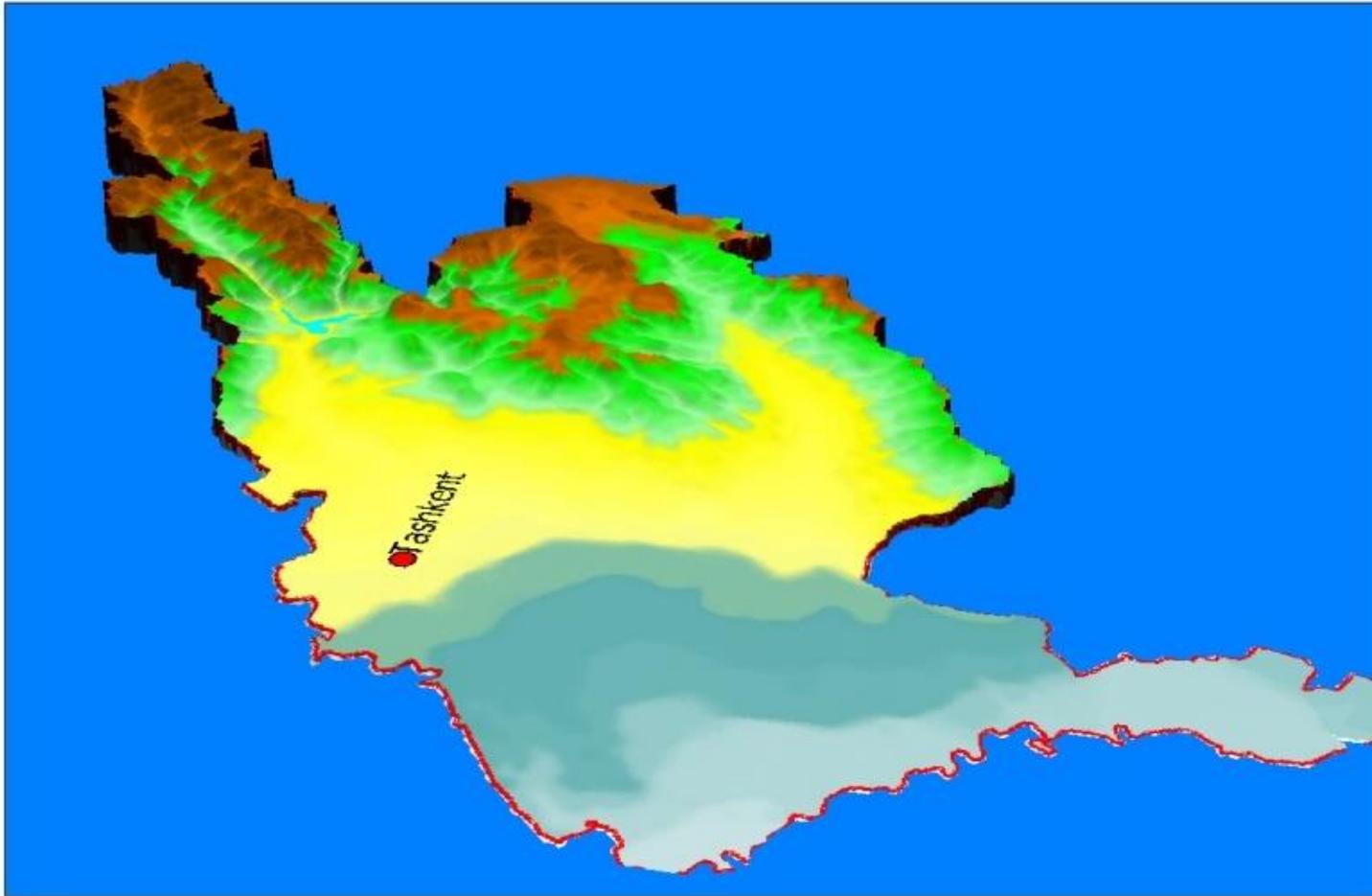


Рисунок 1.5.2 - 3D модель рельефа Ташкентской области.

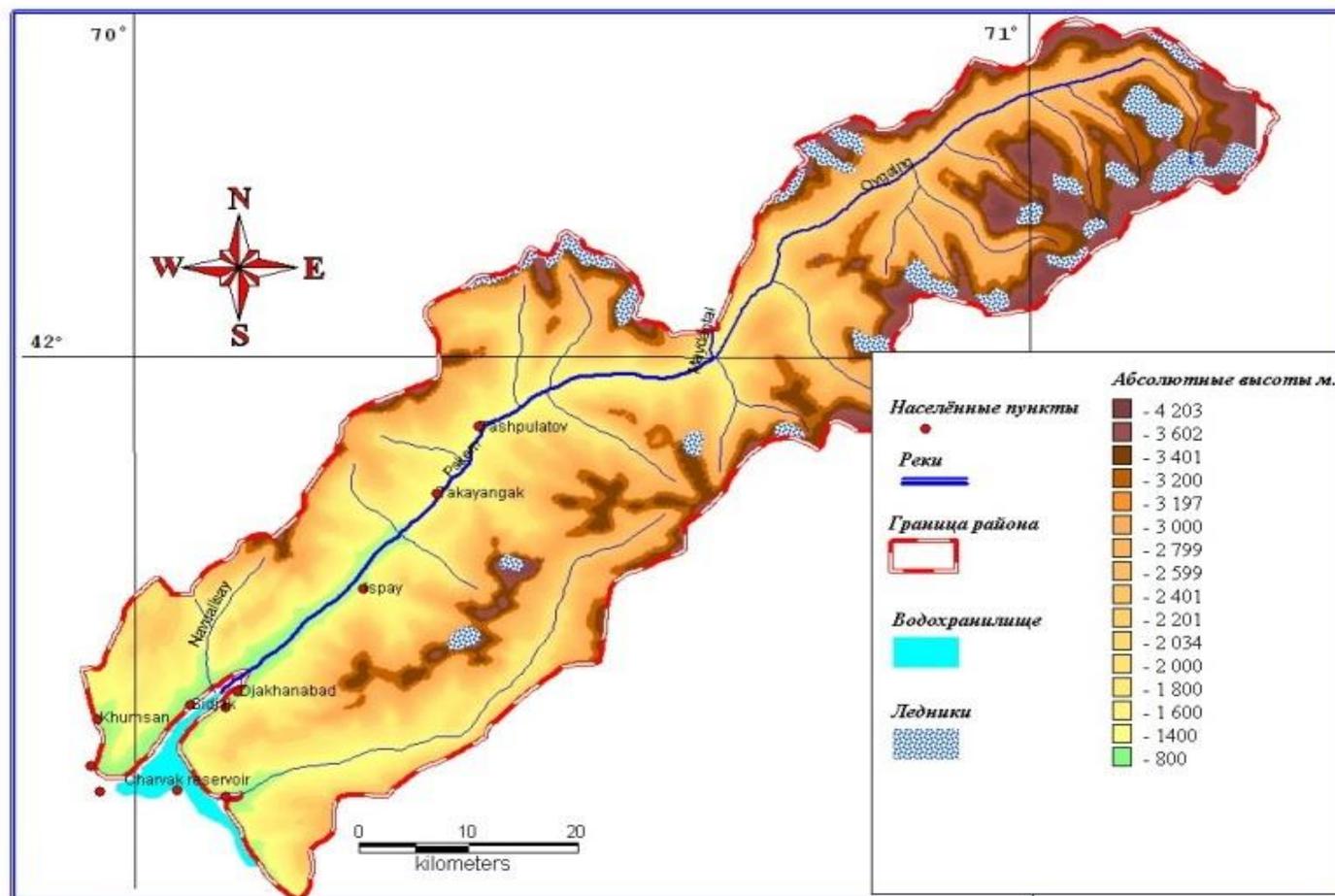


Рисунок 1.5.3 – Цифровая гипсометрическая карта бассейна р.Пскем.

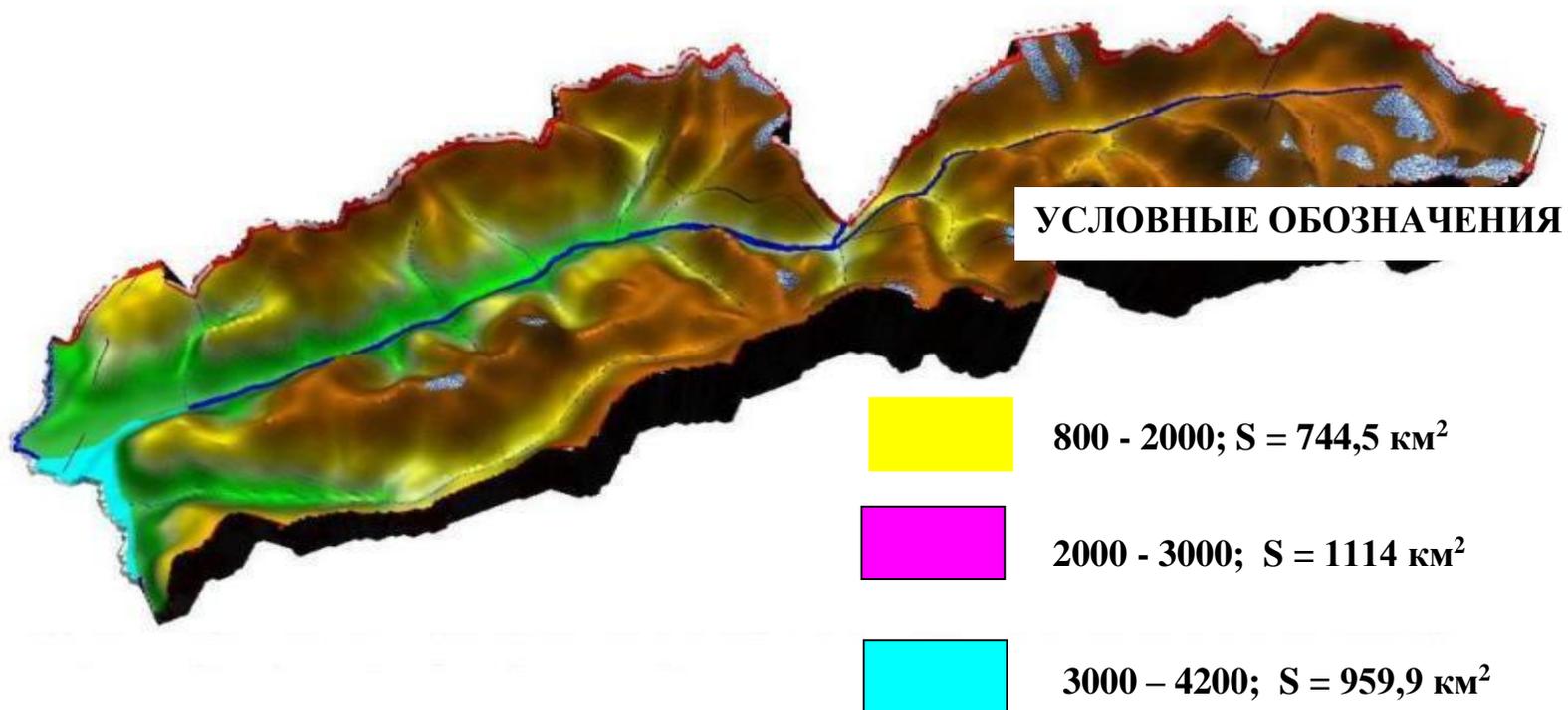


Рисунок 1.5.4 – 3D модель рельефа бассейна р. Пскем.

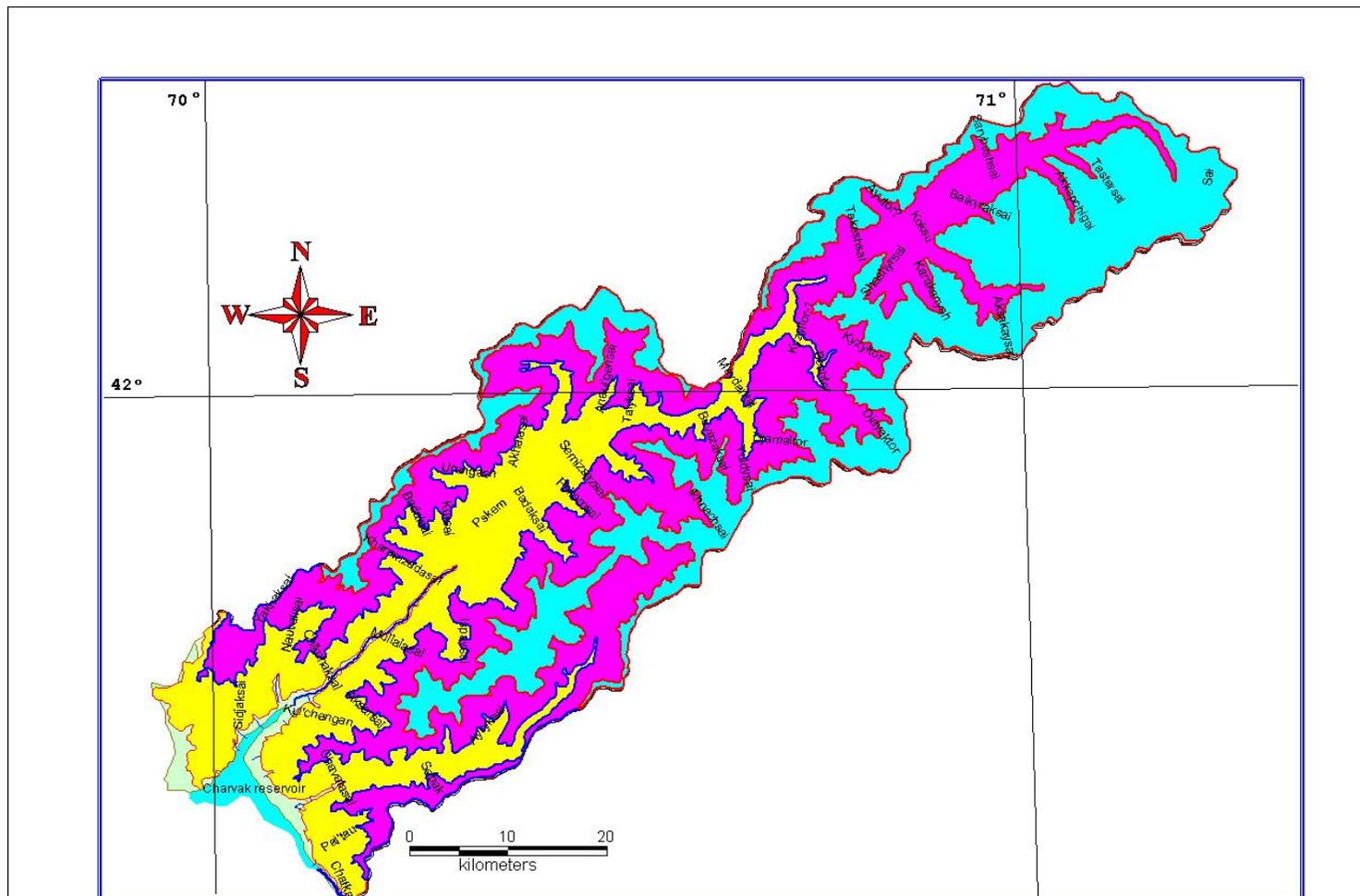


Рисунок 1.5.5 - Распределение площадей по высотным зонам бассейна р.Пскем.

В рамках выполнения проекта полевым отрядом лаборатории гляциальной геологии была проведена визуальная геоморфологическая съёмка. По результатам съёмки на основе ЦМР бас. р.Пскем была построена карта типов рельефа (рис. 1.5.6). Современный рельеф района наблюдения имеет весьма разнообразный характер.

Он представлен следующими типами рельефа: *эрозионно-аккумулятивный рельеф среднегорного облика; эрозионно-глубококорасчленённый рельеф высокогорного облика без форм ледникового скульптуры и эрозионно-сильнорасчленённый рельеф высокогорного облика с формами ледниковой скульптуры.* Рассчитанное на основе ЦМР распределение площадей типов рельефа соответствует построенной ранее карте распределению площадей по высотным зонам (табл. 1.5.1). Ошибка составляет 0,01 км².

Таблица 1.5.1

Распределение площадей (S) по высотным зонам в бассейне реки Пскем (% от общей площади). Общая вычисленная площадь составляет 2818,4 км²

Диапазон высот	S, км ²	%	Типы рельефа
800 - 2000	744,5	26,4	<i>эрозионно-аккумулятивный рельеф среднегорного облика</i>
2000 - 3000	1114	39,5	<i>эрозионно-глубококорасчленённый рельеф высокогорного облика без форм ледникового скульптуры</i>
3000 - 4200	959,9	34,1	<i>эрозионно-сильнорасчленённый рельеф высокогорного облика с формами ледниковой скульптуры</i>

Впервые для бассейна реки Пскем на основе ЦМР построена карта крутизны склонов как ключевого показателя рельефа (рис. 1.5.7), что позволило провести углублённый морфометрический анализ территории. Для этого карта рельефа бас. р.Пскем была конвертирована в растр формата GRID, представляющего собой сетку шагом 200 метров. В результате стала доступна алгебра растровых карт, детальный анализ рельефа по ячейкам 200×200 метров.

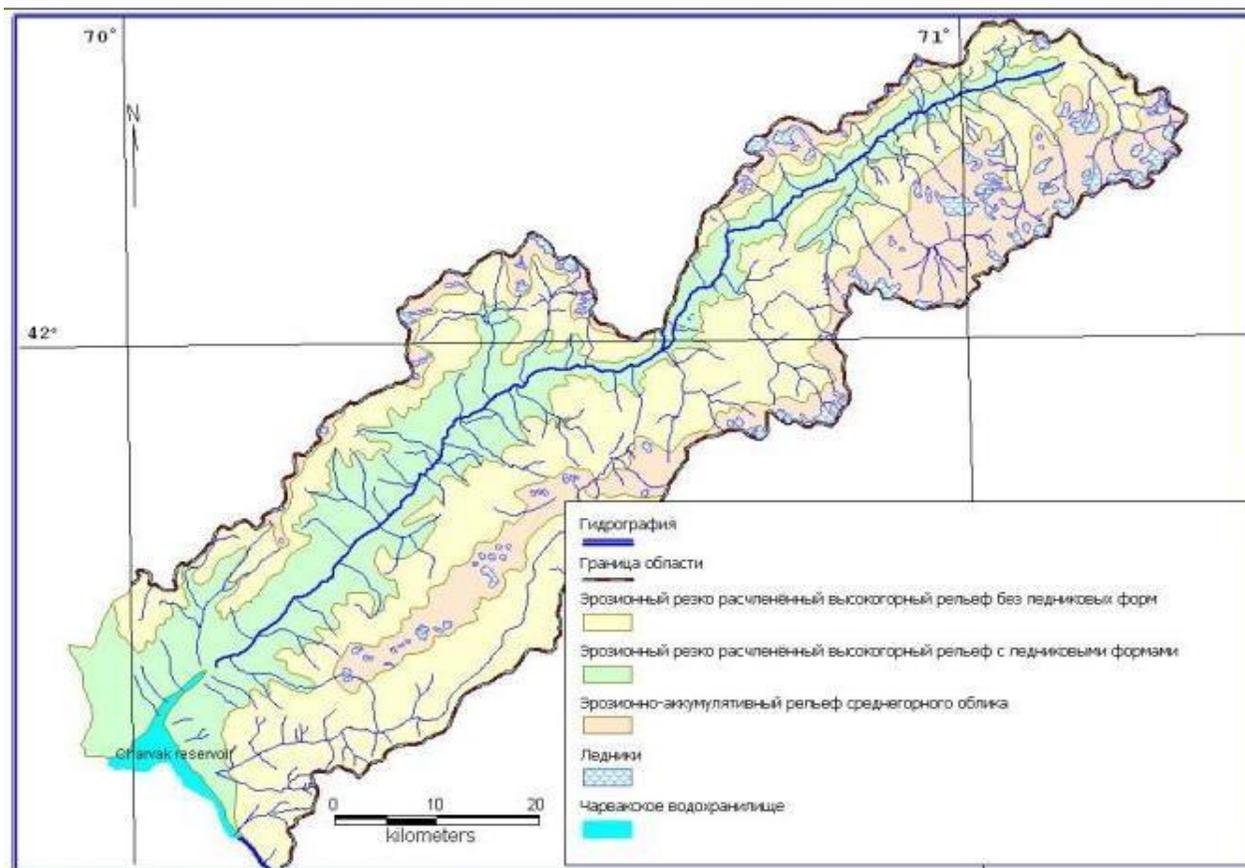


Рисунок 1.5.6 - Карта типов рельефа бассейна р.Пскем.

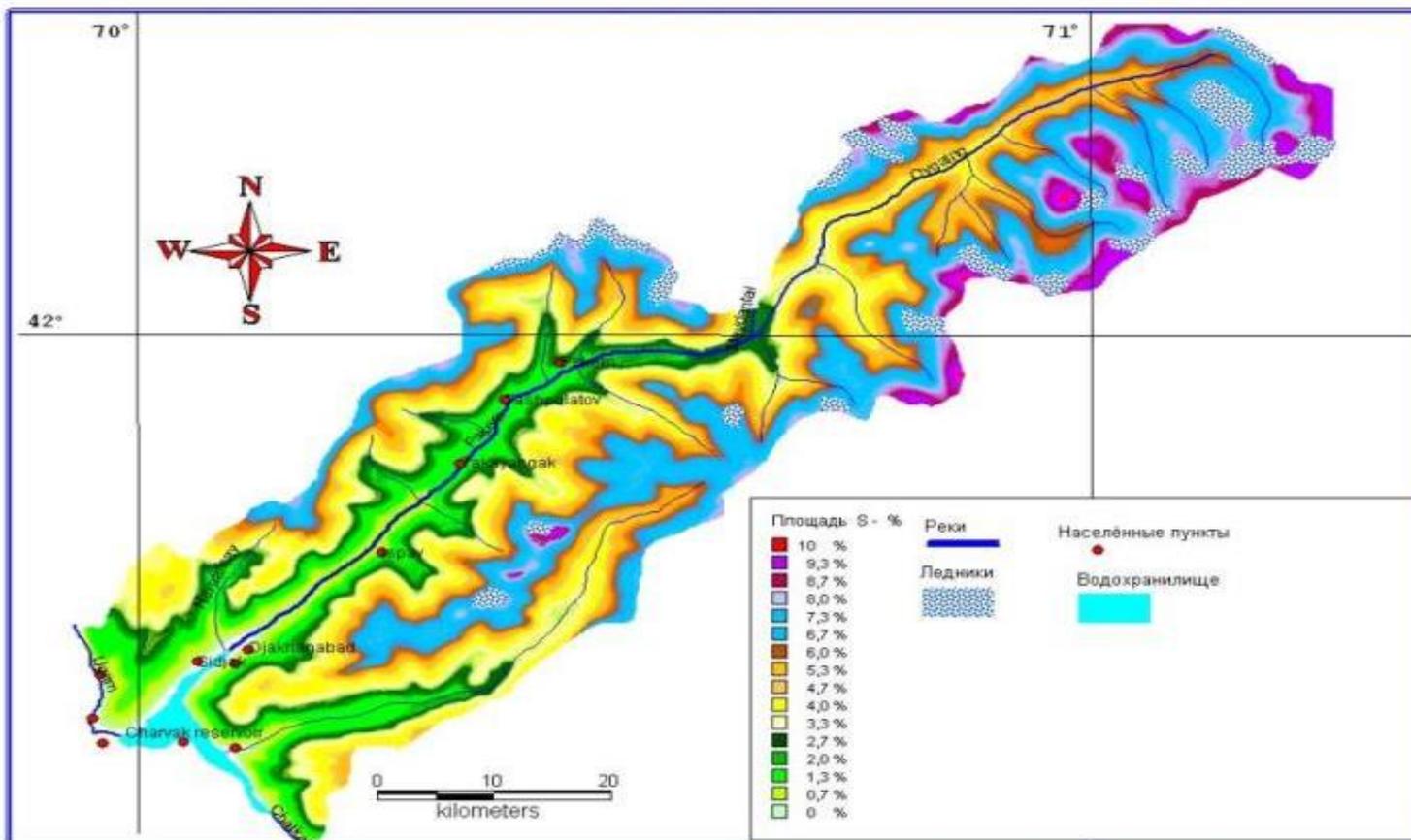


Рисунок 1.5.7 – Карта распределения крутизны склонов по площади в бассейне р.Пскем.

Был выполнен пространственный анализ гипсометрической карты бас. р. Пскем по углам наклона (горизонтальный 90° , вертикальный 21°). Методом зональной статистики полученного раstra были вычислены площади с указанными углами наклона для каждого диапазона высот (рис. 1.5.7). На равнинных участках бас. р. Пскем наблюдается определённая взаимосвязь между абсолютными высотами и уклонами (большей абсолютной высоте соответствует большая повторяемость уклонов $\alpha \geq 21^\circ$ (уклонов, опасных в смысле возникновения негативных процессов типа оползней). Анализ результатов расчёта позволил выделить 16 площадей уступов рельефа с вертикальным уклоном $\alpha \geq 21^\circ$.

Таким образом, результаты взаимного пространственного анализа карт важнейших морфометрических показателей по бас. р. Пскем подтверждает вывод о тесной связи абсолютной высоты участков бассейна с углом наклона. Это значит, что с помощью автоматизированного морфометрического анализа можно существенно облегчить предварительное выделение и расчёт высотных границ геоморфологических элементов бассейна.

Окончательная дифференциация проводилась с учётом материалов полевых исследований, построение карт четвертичных отложений и данных дистанционного зондирования.

На основе полевых исследований: геоморфологических, дистанционных (применение GPS), а также применение ГИС-технологий были построены карты ключевых показателей рельефа:

1. Распределение типов рельефа бас. р. Ойгаинг по площади (рис. 1.5.8),
2. Геоморфологическая карта бас. р. Ойгаинг (рис. 1.5.9),
3. Карта четвертичных отложений бас. р. Ойгаинг (рис. 1.5.10).

При составлении карт, рельеф рассматривался как результат взаимодействия эндогенных и экзогенных сил, направленных противоположно друг другу: поднятия, вызванные движением земной коры, с одной стороны, и разрушения поднятых поверхностей, перенос разрушенного материала с одного места на другое, то есть денудации, с другой стороны. Новейшие тектонические движения земной коры, являясь главными эндогенными факторами при формировании современного рельефа, определяют основные морфологические особенности современного рельефа.

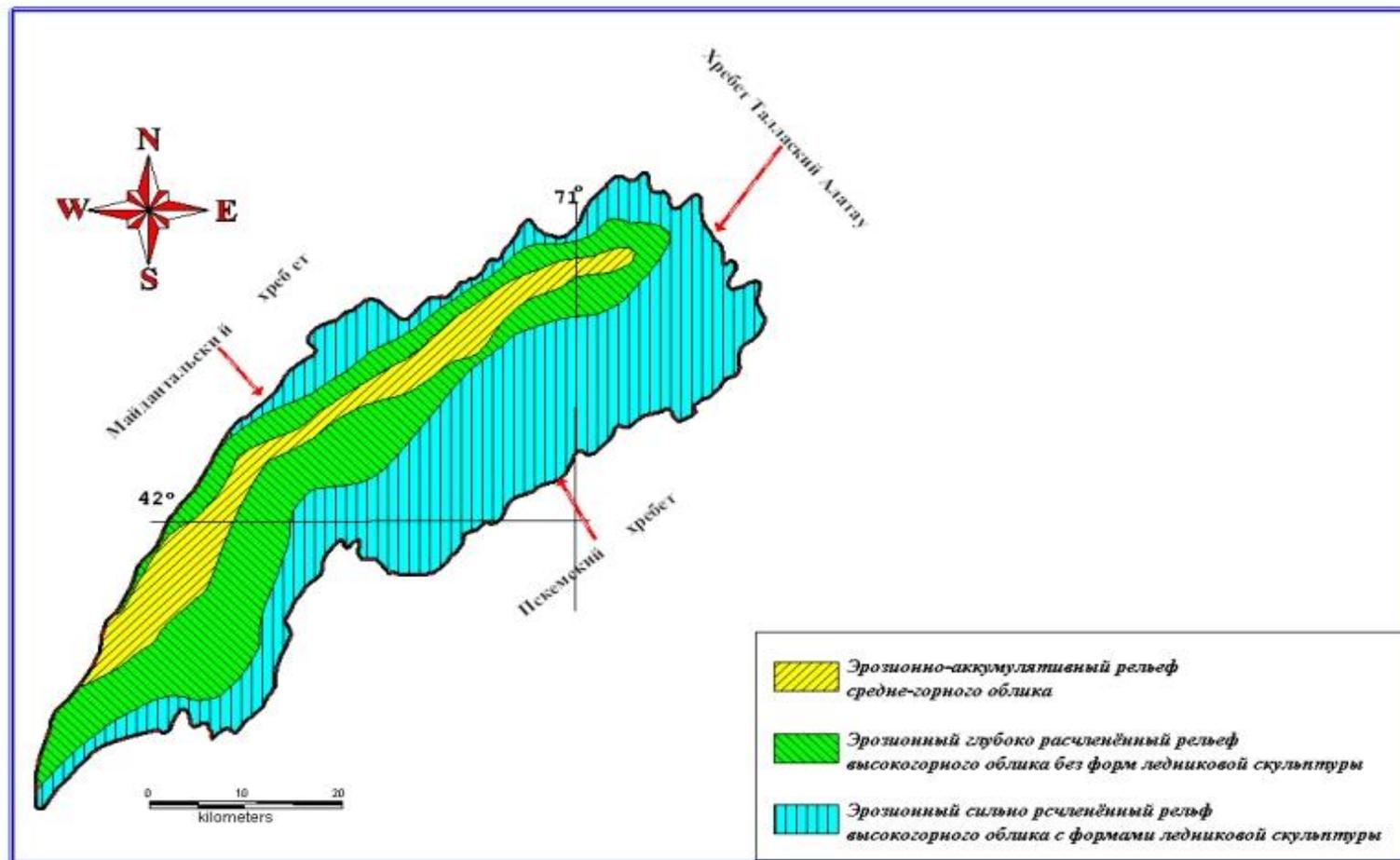


Рисунок 1.5.8 – Распределение типов рельефа по площади в бассейне р.Ойгаинг.

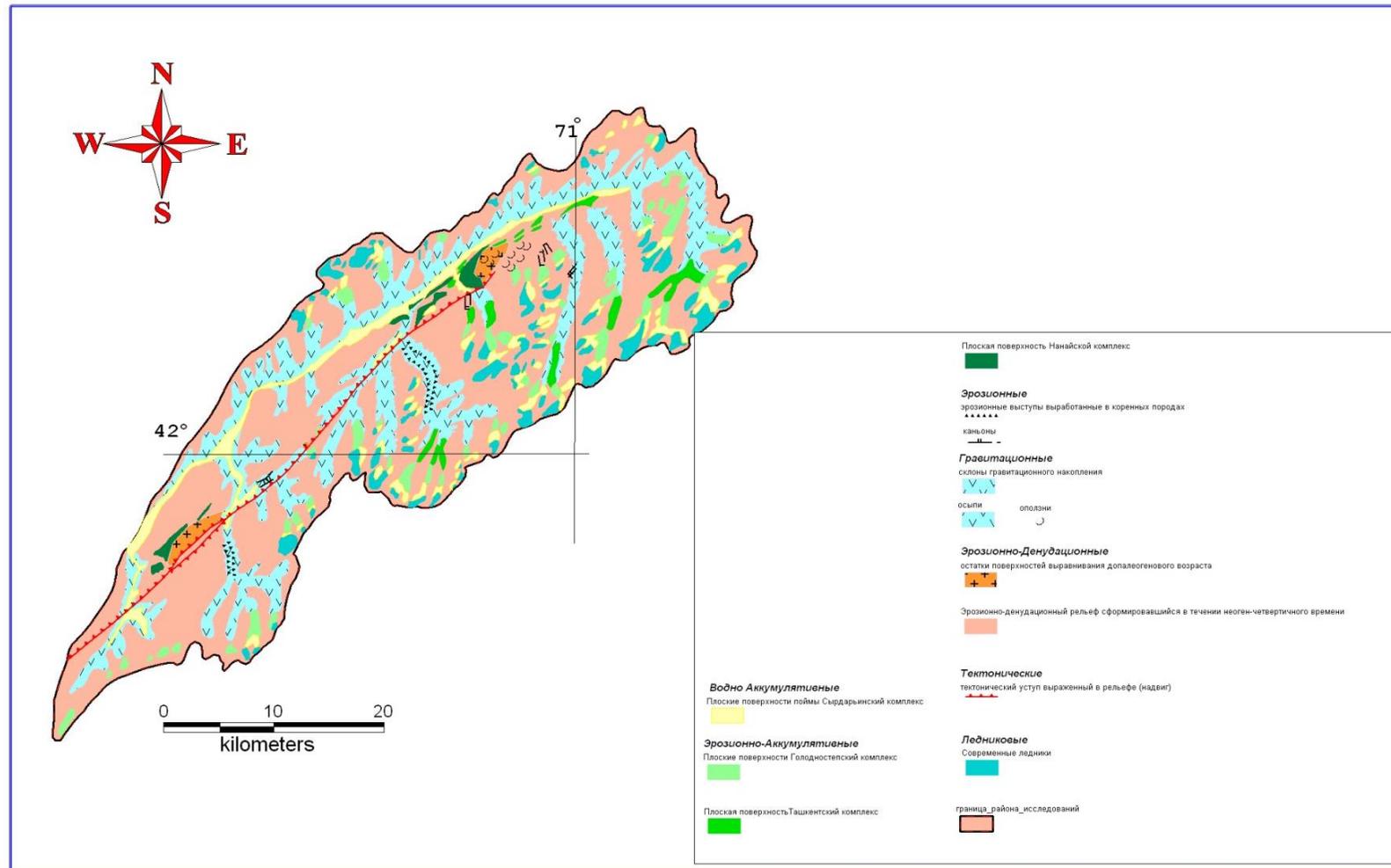


Рисунок 1.5.9 - Геоморфологическая карта бассейна реки Ойгаинг.



Рисунок 1.5.10 - Схематическая карта четвертичных отложений бассейна реки Ойгаинг.

Эрозия и аккумуляция являются главными экзогенными факторами при формировании рельефа.

В результате анализа соотношения эндогенных и экзогенных сил, как для главных рельефообразующих факторов, в бас. р. Ойгаинг были выделены две группы типов рельефа:

1. Тектонико-эрозионно-денудационная;
2. Тектонико-эрозионно-аккумулятивная.

Для тектонико-эрозионно-денудационной группы типов рельефа характерным является то, что в пределах их развития господствует эрозионный процесс, свидетельствующий о проявлении интенсивных тектонических поднятий; роль же аккумуляции незначительна. Рельеф здесь высокогорный с резко выраженными скалистыми вершинами, карами, троговыми долинами, цирками, сильно и глубоко расчленённый.

Тектонико-эрозионно-аккумулятивная группа типов рельефа характеризуется господством процессов эрозии и аккумуляции, т.е. рельеф развивался в условиях переменного соотношении эрозии и аккумуляции. В настоящее время здесь преобладают эрозионные процессы. Рельеф этой зоны в основном имеет среднегорный облик.

Для более детальной понимания сущности процессов рельефообразования и характеристики самого рельефа, выделенные выше группы типов рельефа подразделены на подтипы:

1. Эрозионно-аккумулятивный рельеф среднегорного облика;
2. Эрозионно-глубокорасчленённый рельеф высокогорного облика без форм ледниковой скульптуры;
3. Эрозионно-сильнорасчленённый рельеф высокогорного облика с формами ледниковой скульптуры.

В результате визуального геоморфологического исследования и применения ГИС технологий на основе ЦМР было рассчитано распределение типов рельефа бас. р. Ойгаинг по площади (табл. 1.5.2). Общая вычисленная площадь распределения типов рельефа составляет 1322,9 км².

Таблица 1.5.2

Распределение типов рельефа в бас. р. Ойгаинг по площади

Тип рельефа	S, км ²	%
Эрозионно-аккумулятивный среднегорного облика	181,5	14
Эрозионно-глубокорасчленённый высокогорного облика без форм ледниковой скульптуры	429	32
Эрозионно-сильнорасчленённый высокогорного облика с формами ледниковой скульптуры	712,4	54

Для детальной характеристики вышеуказанных типов рельефа была построена цифровая геоморфологическая карта (рис. 1.5.9) района исследования, где выделены геоморфологические формы рельефа, образования которых связано с работой текучих вод ледниковых потоков и других процессов:

1. Водно-аккумулятивные:

- плоские поверхности поймы. Сырдарьинский комплекс;

2. Эрозионно -аккумулятивные:

- плоские поверхности надпойменных террас. Голодностепский комплекс,
- плоские поверхности надпойменных террас. Ташкентский комплекс,
- плоские поверхности надпойменных террас. Нанайский комплекс,

3. Эрозионные:

- эрозионные выступы, выработанные в коренных породах,
- каньоны;

4. Гравитационные:

- склоны, гравитационные накопления,
- осыпи,
- оползни;

5. Эрозионно-денудационные:

- остатки поверхностей выравнивания допалеогенового возраста,
- эрозионно-денудационный рельеф, сформировавшийся в течение неоген-четвертичного времени;

6. Тектонические:

- тектонический уступ, выраженный в рельефе (надвиг);
7. Ледниковые:
- современные ледники.

В результате применение ГИС- технологий на основе ЦМР было рассчитано распределение форм рельефа бас. р. Ойгаинг по площади (табл. 1.5.3). Общая вычисленная площадь распределения форм рельефа равна общей площади подтипов рельефа ($S = 1322,9 \text{ км}^2$).

Таким образом, из приведённого выше материала становится ясно, что в геоморфологическом строении бас. р. Ойгаинг выделяется высотная зональность. Каждой зоне присущ особый рельефообразующий процесс, который накладывает характерные черты на формы рельефа.

Таблица 1.5.3

Рассчитанное распределение форм рельефа по площади в бас. р.Ойгаинг

Формы рельефа		S ,км ²	Доля в % от S
Сырдарьинский комплекс	плоские поверхности поймы.	88,93	6,72
	склоны гравитационные накопления	300,17	22,69
Плоские поверхности (надпойменных террас). Голодностепский комплекс		54,27	4,10
Плоские поверхности (надпойменных террас). Ташкентский комплекс		22,65	1,71
Плоские поверхности (надпойменных террас). Нанайский комплекс		13,24	1,00
Остатки поверхностей выравнивания допалеогенового возраста		14,43	1,09
Эрозионно-денудационный рельеф сформировавшийся в течении неоген-четвертичного времени		757,68	57,27
Современные ледники		71,53	5,41
Общая		1322,9	100

Четвертичные отложения изучаемого района (рис. 1.5.10) широко распространены и представлены исключительно континентальными обломочными осадками, образование которых происходило в условиях вздымания горных хребтов Средней Азии и их водной и ледниковой эрозии с одновременной аккумуляцией обломочного

материала в межгорных впадинах. Они представлены аллювиальными, делювиальными, пролювиальными, озёрными, элювиальными, ледниковыми, флювиогляциальными и гравитационными отложениями. Наибольшую роль играют аллювиальные, делювиальные и пролювиальные отложения, образующие аллювиально-делювиально-пролювиальные комплексы.

Аллювиальные отложения наряду с другими генетическими типами встречаются чаще, слагая поймы, цикловые и локальные террасы. Эти отложения накопились в речных долинах в результате сноса и отложения постоянными водными потоками рыхлых продуктов выветривания, а также разрушения пород самим потоком. Они состоят из обломочного материала различной степени окатанности и сортированности. Представлен аллювий конгломератами, валунниками, галечниками, гравием, песком, залегающими в основном на коренных палеозойских породах и служащими цоколем террас. Валуны и гальки, слагающие основную часть большинства террас, слабо сцементированы и хорошо окатаны, хотя и встречаются обломки, плохо обработанные водным потоком. Размер галек и валунов варьирует от 1 до 40 см. в диаметре в приустьевых частях р. Ойгаинг. Некоторые валуны в верховьях реки достигают размера более 1 м.

Петрографический состав эрозионно-аккумулятивных и аккумулятивных террас пёстрый. Здесь присутствуют обломки известняков, гранодиоритов, песчаников, гранитов, мраморизованных известняков метаморфических пород. В аллювиальных отложениях наблюдается закономерное уменьшение крупности составляющего их обломочного материала в вертикальном и горизонтальном направлениях вниз по течению.

Среди генетических разновидностей четвертичных образований бас. р. Ойгаинг значительное место занимают пролювиальные отложения. Они слагают устьевые части большинства притоков и конуса выноса временных потоков долины реки Ойгаинг, которые, сливаясь в одну полосу, образуют пролювиальные шлейфы небольших размеров. Пролувий представлен рыхлыми образованиями, накапливающимися, в основном, у подножия гор в результате смывания временными потоками обломочного материала, возникающего при выветривании слагающие эти горы коренных пород. Вместе с крупным обломочным материалом присутствует

примесь мелкозернистых частиц. Обломки не окатаны и не отсортированы. Мощность пролювиальных отложений не превышает нескольких метров.

В бассейне р. Ойгаинг распространены и делювиальные отложения, накапливающихся на склонах, у подножья гор и вдоль уступов террас. Различные фракции обломков от наиболее крупных до тончайших частиц переносятся и отлагаются совместно. Наиболее крупный обломочный материал делювиального покрова скапливается у подножья гор, мелкозём переносится дальше на ровные поверхности речной террасы или поймы, часто перекрывая современные аллювиальные отложения.

Элювиальные отложения, представленные щебнем, дресвой, песком и мелкозёмом, также развиты в пределах описываемой площади. Этот генетический тип является продуктом выветривания, образовавшимся за счёт физического, химического и биохимического разрушения и изменения первичных горных пород. Состав зависит от состава материнских пород, на которых они формировались. Мощность элювиальных отложений обычно незначительная и не выходит за пределы 1-2 м.

Кроме вышеописанных отложений повсеместное распространение в бас. р. Ойгаинг имеют осыпи. Интенсивному физическому (морозному) выветриванию подвергаются все скалистые склоны, в результате чего образуются остроугольные обломки, которые скатываются вниз по склону под действием силы тяжести и накапливаются у подножья гор, опоясанных мощными и крупнообломочными осыпями. Эти осыпи, в которых полностью утопают коренные породы, особенно развиты по седловинам. В зависимости от положения в рельефе, от крутизны склонов и других причин мощность осыпей разнообразна. Обычно на склонах она незначительная и увеличивается к подножью, достигая нескольких метров.

Озёрные отложения развиты в верховьях долины р. Ойгаинг и её притоков, располагаясь, в основном, в высокогорном районе. Они представлены моренными образованиями древних и современных ледников. Морены сложены неотсортированным материалом: валунами, галечниками, щебнем, гравием, дресвой, песками, суглинками и глинистыми фракциями. Моренные осадки образуют

валы различных размеров. Высота некоторых моренных холмов достигает 15-20 м. и более.

Приведённые выше примеры показывают, что аллювиальные, делювиальные и пролювиальные отложения резко различаются между собой по характеру залегания, по литологическому составу, по окатанности и сортировке материала. Отложения генетически связаны друг с другом и образуют аллювиально-делювиально-пролювиальные комплексы отложений.

По литературным данным четвертичные отложения бас. р.Ойгаинг [73, 74, 75] были расчленены на четыре возрастных комплекса, тесно связанных друг с другом:

1. Нанайский;
2. Ташкентский;
3. Голодностепский;
4. Сырдарьинский.

Большое разнообразие и сложность рельефа долин определяется соотношениями между эндогенными и экзогенными факторами рельефообразования. Особенно большую роль сыграли новейшие тектонические движения, обусловившие усиление эрозионных врезов.

По результатам визуальной геоморфологической съёмки на основе ЦМР была построена карта четвертичных отложений бас. р.Ойгаинг (рисунок 1.5.10). На карте осадки представляют собой совокупность всех четырёх комплексов осадков упомянутых выше циклов, образующих сложные, но в каждом отдельном случае самостоятельные тела.

При сопоставлении данных о распределении потенциально опасных уклонов и литологического состава пород выявляется вероятность проявления ОГП в среднегорной и высокогорной зоне. Это подтверждают материалы наблюдений ГСС ОГП за 2005 г. по окрестностям населённых пунктов Испай и Тепар (долина р. Пскем), где сочетание опасных уклонов ($\alpha=20^{\circ}-40^{\circ}$) с определённым литологическим составом пород (алевролиты, песчаники, конгломераты, переслаивающиеся глины) привело к возникновению оползней.

Таким образом, с помощью автоматизированного анализа построенных цифровых карт в данной работе были определены:

1. Высотная дифференциация геоморфологических элементов, их площадь и взаимосвязь, обусловленная взаимодействием эндогенных и экзогенных факторов рельефообразования;
2. Признак вероятного проявления ОГП (сочетание опасных уклонов с определённым типом слагающих пород).

1.6 Реконструкция древнего оледенения по геоморфологическим съёмкам

При изучении геоморфологии бассейна р. Чирчик Скворцов Ю.А. [50] пришел к выводу, что террас в долине реки гораздо больше, чем это требуется по схеме оледенения, и не все террасы, наблюдаемые в горах, можно проследить на равнине. В работах [65, 70] автор указывает на то, что без учета вертикальных, молодых движений четвертичного периода не может быть и речи об образовании террас. В результате исследований бассейна р. Чирчик Скворцовым Ю.А. была выяснена геологическая история района Западного Тянь-Шаня за четвертичный период и выделены тринадцать террас, каждая из которых, по его мнению, отвечает определенному аккумулятивному циклу. Впоследствии Ю.Ш. Шапенов довел количество этих террас до 19.

В 40-х годах прошлого столетия Ю.А. Скворцовым была составлена четырехчленная стратиграфия четвертичных отложений Приташкентского района, включающая Нанайский – Q_1 , Ташкентский - Q_2 , Голодностепский - Q_3 и Сырдарьинский - Q_4 комплексы террас. Составленная стратиграфия широко используется многими исследователями Средней Азии, которые занимаются изучением отложений четвертичного периода.

В основу реконструкции неоплейстоценового оледенения бас. р. Пскем была положена детальная геоморфологическая съёмка, произведенная Д. Б. Джамаловым, З. Зияхановым и А. Сиражитдиновым в 1986-1990 гг.

Информация относительного превышения террас в продольных профилях крупных водных артерий, высоты точек разновозрастных местных базисов эрозии и угол наклона палеорек позволяет дать поэтапную количественную оценку амплитуд вертикальных тектонических движений и восстановить историю развития региона в четвертичное время. На основании фактического и расчетного

материала выделены 5 этапов развития четвертичных структур, последовательно оценены амплитуды поднятия земной коры Срединного Тянь-Шаня и их морфологическое строение.

В Сохское (Нанайское) время характер распространения эрозионно - аккумулятивных террас в долинах рек Угам, Пскем, Ойгаинг, Сандалаш и Чаткал не равнозначный. В долинах рек Угам и Пскем они обнажаются на отметке 460 - 515 м от уреза воды и составляют глубину врезания 390 - 410 м относительно хребтов. В долинах рек Сандалаш и Чаткал этот тип террас широко развит. Высота террас составляет от 500 до 545 м от уреза воды для р. Сандалаш и от 410 до 575 м для р. Чаткал. Причем, глубина врезания относительно хребтов для р. Сандалаш более глубокая (от 415 до 850 м), чем для р. Чаткал (от 125 до 260 м).

Ташкентский этап характеризуется усилением темпов тектонических движений, затем степень их дифференцированности заметно уменьшается. Исходя из этого, целесообразно этот этап разделить на два отрезка времени: раннеташкентский и познеташкентский подэтапы. Раннеташкентский подэтап отличается увеличением темпа восходящих вертикальных движений, формированием эрозионных, эрозионно-аккумулятивных и в меньшей степени аккумулятивных террас.

Познеташкентский подэтап характеризуется глубинной и боковой эрозией. В долинах рек образуются эрозионные, эрозионно-аккумулятивные и аккумулятивные террасы. Эрозионные террасы получили свое развитие в долинах рек Угам, Пскем, Сандалаш, Чаткал и возвышаются над урезом воды на высоты от 40 до 210 м при глубине врезания до 190 м. В долине р. Пскем, между селениями Пскем и Нанай, высота эрозионно-аккумулятивных террас колеблется от 180 до 210 м, глубина врезания 140 - 185 м.

Голодностепский этап характеризуется незначительным уменьшением темпов восходящих тектонических движений по сравнению с познеташкентским. В начале этапа отмечается интенсивная эрозионная деятельность всех водных артерий Срединного Тянь-Шаня. Террасовые спектры голодностепского этапа наиболее хорошо сохранились и прослеживаются на всех реках. В долинах они расчленяются на эрозионно-аккумулятивные и, в меньшей степени, эрозионные типы террас.

Сырдарьинский этап является завершающей частью четвертичной тектоники. Ознаменовался этот этап повсеместной активизацией и резким усилением тектонических поднятий. На этом этапе скорость движений увеличивается в несколько раз по сравнению с голодностепским этапом. Новейший орогенный этап тектонических движений положил начало преобразованиям современного рельефа Срединного и Западного Тянь-Шаня. Принимая допущение постоянства фоновой климатической картины в Пскемском регионе, была произведена реконструкция рельефа района по этапам неоплейстоцена (от современного состояния к древним этапам) согласно геоморфологическим данным (рис. 1.6.1-1.6.6).

В нанайский этап (Q_1) Пскемский хребет в Баркракском узле (пик Аделунга) достиг высоты от 1360 до 1600 м, оледенение в это время еще не могло развиваться (рис. 1.6.1).

В раннеташкентский подэтап (Q_1^2) район между верховьем р. Текешсай и верховьем р. Шавурсай испытывал вертикальные движения в результате тектонических процессов. В результате этих процессов отметки высот достигли 2000-2500 м (рис. 1.6.2).

Восстановленные высоты позднеташкентского подэтапа (Q_2^2) указывают на возможность появления первых признаков оледенения в отдельных небольших узлах в верховьях рек Аютор и Шавурсай (рис. 1.6.3), в местах, где высотные отметки превысили 3000 м.

В конце голодностепского времени оледенение практически полностью охватывает верховья современных рек Ойгаинг и Майдантал (рис. 1.6.4), однако площади ледников, вероятно, приобрели значительные размеры только в голоцене (Сырдарьинское время Q_4) при дальнейшем подъеме хребтов до высот 4000 м. Априори, заведомо предполагается, что внутри этих этапов происходили колебания климата, которые вызывали незначительные колебания оледенения типа Фернау в позднем голоцене.

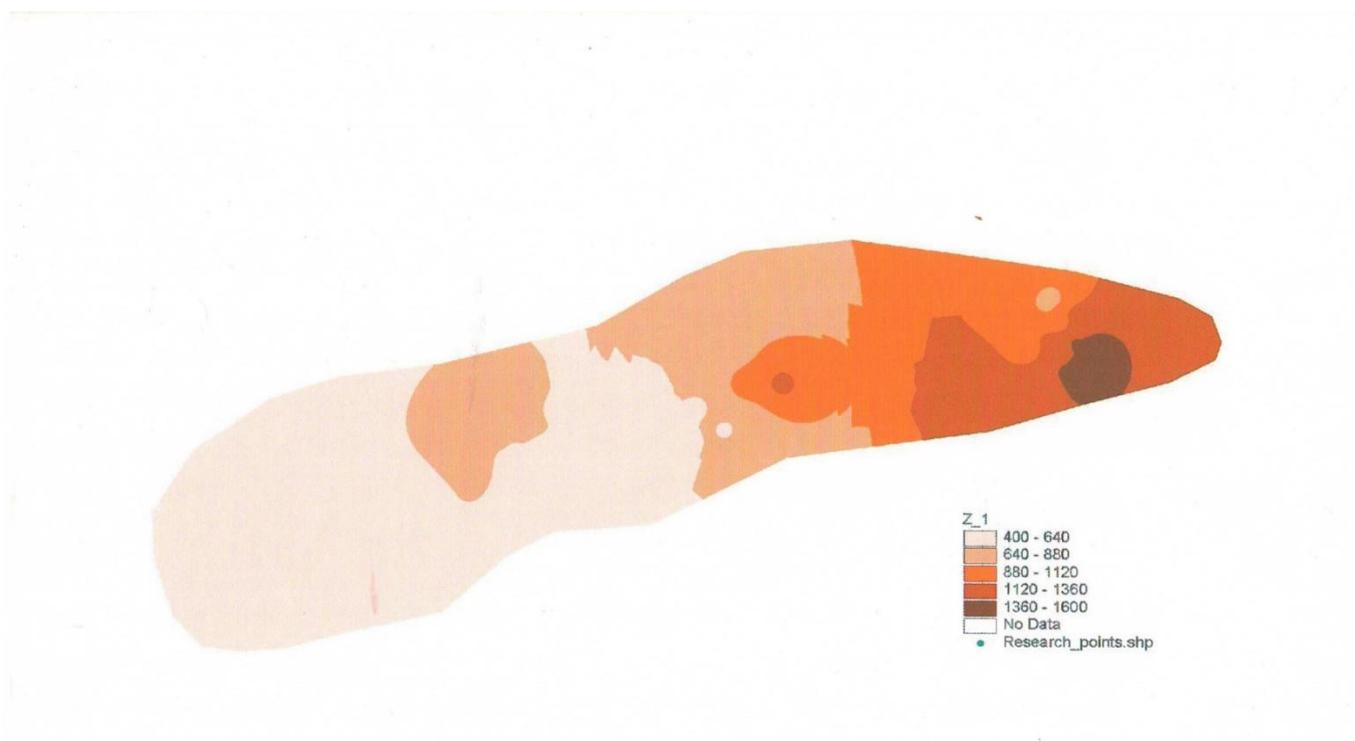


Рисунок 1.6.1 Реконструированный рельеф бассейна реки Пскем в нанайском комплексе Q₁

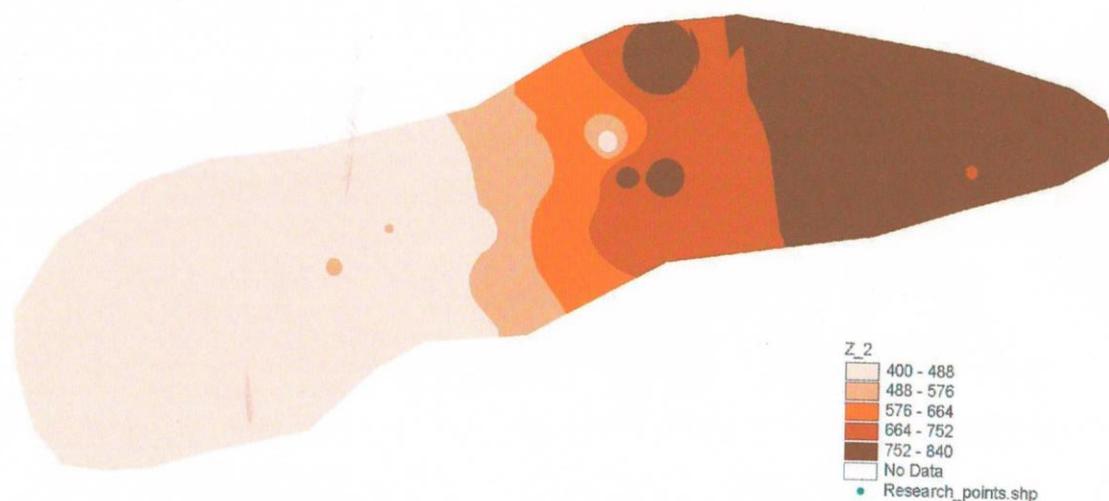


Рисунок 1.6.2 Реконструированный рельеф бассейна реки Пскем в раннеташкентском комплексе Q₂¹

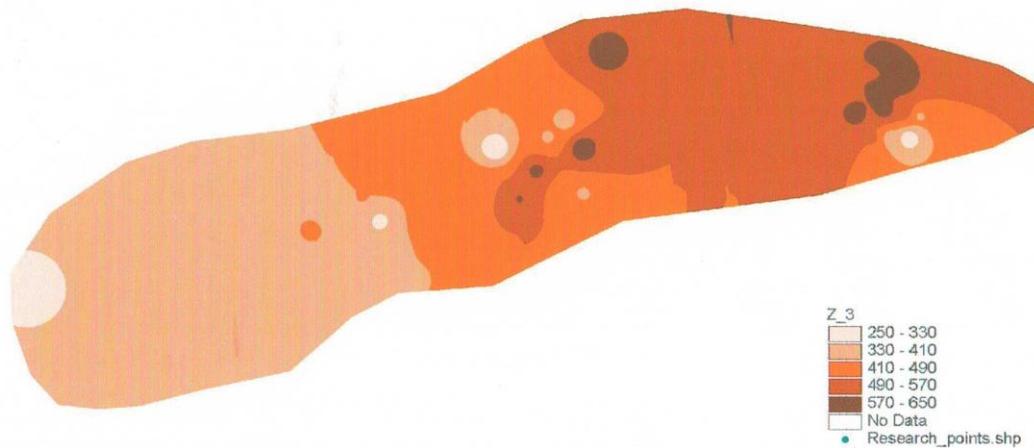


Рисунок 1.6.3 Реконструированный рельеф бассейна реки Пскем в позднеаташкентском комплексе Q₂²



Рисунок 1.6.4 Реконструированный рельеф бассейна реки Пскем в сырдарьинском комплексе Q₃

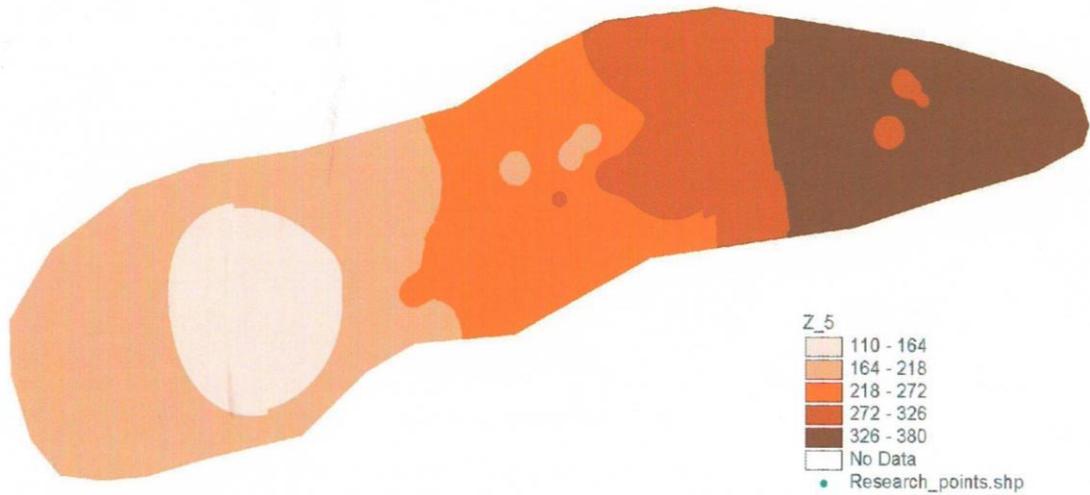


Рисунок 1.6.5 Реконструированный рельеф бассейна реки Пскем в голоцене Q₄.

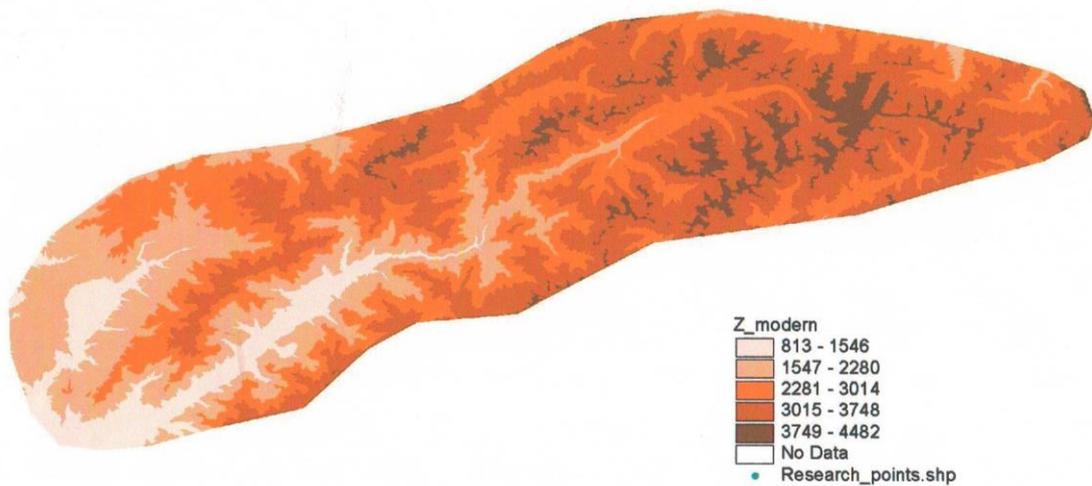


Рисунок 1.6.6 Современный рельеф бассейна реки Пскем.

Выводы 1 главы

1. На основе литературных данных произведен анализ и оценка особенностей и региональных проявлений изменения природных и техногенных характеристик окружающей среды Чаткало-Кураминского региона. Исследования климатических изменений в Центральной Азии за последние 50 лет показали, что на западной периферии Среднеазиатской горной системы горизонтальные и вертикальные градиенты температуры воздуха меняются во времени. Зимняя температура воздуха на территории Средней Азии растет значительно быстрее, чем летняя, при этом годовые суммы осадков остаются неизменными или слабо возрастают. Потепление климата привело к сокращению оледенения в Центральной Азии. В частности, ледники в Пскемском регионе в период с 1960 по 2010 год потеряли 27% своей площади. При потерях ледниковых площадей ожидаемого уменьшения ледниковой составляющей в годовом стоке реки не происходит. В большинстве случаев для рек со значительной площадью оледенения в истоках, на расположенных в их низовьях постах влияние сокращения оледенения на ледниковую составляющую стока незначительно и лежит в пределах точности расчетов годового стока. В отношении перераспределения ледникового стока в разные по водности годы, вклад ледниковой составляющей в общий сток рек в летнее время может достигать 20-25% для маловодного года, понижаясь до 10 – 12% в год с обильными зимними осадками.
2. Был проведен комплексный морфометрический анализ рельефа бас. р.Пскем средствами ГИС-технологий:
 - ✓ на основе построенных цифровых моделей рельефа (ЦМР) для Ташкентской области и бас. р.Пскем были получены показатели площадного распределения рельефа по высотным зонам с выявленным площадным распределением типов рельефа и распределения крутизны склонов бас. р.Пскем по площади;
3. Был проведен комплексный морфометрический анализ рельефа бас. р.Ойгаинг средствами ГИС-технологий:
 - ✓ на основе (ЦМР) бас. р.Ойгаинг были выявлены:

- ✓ основные типы рельефа и их площади для главных рельефообразующих факторов при анализе соотношения эндогенных и экзогенных процессов;
- ✓ распределение геоморфологических форм рельефа в бас. р.Ойгаинг по площади;
- ✓ детальные характеристики типов рельефа, выделение геоморфологических форм рельефа, связанных с работой поверхностных вод, ледниковых потоков и других процессов в бас. р.Ойгаинг;
- ✓ распространение четвертичных отложений в бас. р.Ойгаинг.

Проведена корреляция связи оледенения, климата и тектоники, а также речного осадконакопления в Чаткало–Кураминском регионе.

ГЛАВА 2. ТЕХНОГЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССОВ ВЛИЯНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

2.1. Рудные месторождения и рудопроявления Ангрен-Алмалыкского горнопромышленного района и их влияние на окружающую среду

В природно-техногенных экогеохимических системах важным фактором воздействия на окружающую среду является минералогическо-геохимические процессы, прямо или косвенно связанные с природными геохимическими процессами, которые приводят к рассеянию и концентрации металлов и формированию рудных месторождений, а также с технической деятельностью человека. Отработка и переработка руд и концентратов различных типов месторождений Алмалык – Ангренского горно-рудного района, приводят к накоплению многомиллиардных тонн отходов с широким спектром промышленно ценных и токсичных элементов.

Сырьевая база Алмалыкского горнометаллургического комбината и ее влияние на окружающую среду. Производственные мощности комбината базируются на запасах группы медно-порфировых и свинцово-цинковых месторождений располагающихся на территориях Ташкентской и Джизакской областей Республики Узбекистан, а также Ходжентской области Республики Таджикистан (рис. 2.1.1).

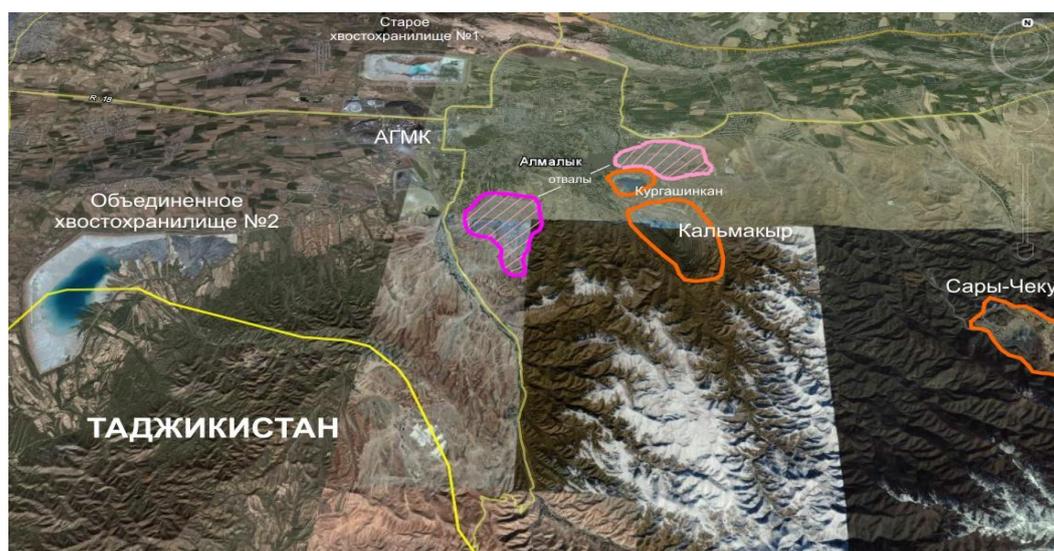


Рисунок 2.1.1 - Местоположение месторождений и отходов АГМК на территории Алмалыкского рудного района.

Медно-порфировые месторождения Кальмакыр и Сарычеку обеспечивают сырьем медную ветвь комбината и перерабатываются: руды Кальмакыра на Алмалыкской медной обогатительной фабрике (МОФ), руды Сарычеку на Алмалыкской свинцово-цинковой обогатительной фабрике (СОФ). Свинцово-цинковые месторождения представлены стратиформным месторождением Учкулач и скарново-полиметаллическими Алтын-Топкан и Пайбулак. Руды указанных месторождений перерабатываются на Алмалыкской свинцово-цинковой обогатительной фабрике.

Для обеспечения технологического процесса известью, карьером отрабатывается запасы месторождения известняков Саукбулак. Строительные материалы представлены гравийно-галечниковыми карьерами «Алмалык» и «Транспортный». Алмалыкский горнорудный район входит в состав Кураминской структурно-формационной зоны, представляющей собой фрагмент протяженного Кызылкумо-Кураминского вулcano-плутонического пояса, заложенного на коре континентального типа в среднем палеозое. В среднем и верхнем палеозое Кураминская зона являлась частью Курамино-Ферганского срединного массива, для которого характерно типично глыбовое строение, широкое развитие узких протяженных вулcano-тектонических грабенов, сформировавшихся вдоль глубоко проникающих разломов субширотного и северо-восточного простирания.

В целом для района отмечается преимущественная приуроченность различных типов оруденения к определенным стратиграфическим толщам. В покровных и субвулканических фациях средне - верхнекарбонных вулканических пород локализуются золоторудные месторождения, относящиеся к различным геолого-геохимическим типам. Ведущим является, конечно, золото-медно-молибденовый тип. В нем сосредоточены основные запасы золота и серебра района (Кальмакыр, Дальнее, Сарычеку, Кызата, Нижнекаульдинское).

Золоторудные месторождения золото-кварцевой и золото-сульфидной формаций заключают в себе три геологических типа:

1. Золотомышьяковые малосульфидные (0.5 - 1 %) месторождения Южные Каульды, Кульчулак, Карасай др.,

2. Золото-серебрянные месторождения и рудопроявления Каульды, Арабулак, Тангиль и др.,
3. Золото-теллуровые, существенно сульфидные (10 – 80 %) месторождения Актурпак, Гольдуран, С-3 Балыкты, Тогап, Кальтасай.

В отношении мелких золоторудных объектов района, освоение которых во многих случаях оказывается рентабельным, четко выработалась концепция направленная переоценку и вовлечение их добычу в качестве золотосодержащего флюсового сырья для Алмалыкского ГМК.

Свинцово-цинковые стратиформные Кульчулак и скарновые месторождения Кургашынканского района находятся в толщах карбонатных пород $D_2 - C_1$ с сингенетичной сфалерит-галенитовой минерализацией. На стратиграфических уровнях нижнедевонских вулкано-терригенных толщ средне-кислого состава расположены промышленные медно-молибденовые месторождения.

Алмалыкский район с древних времен являлся объектом горнорудного промысла. Многочисленные выработки и следы деятельности древних рудокопов, датируемые IX- XII д.н.э. отмечены практически повсеместно и свидетельствуют о об интенсивной добыче здесь в древности меди, свинца, цинка, золота, серебра, железа, а также аметиста, бирюзы и др. Хочется отметить, что практически все рудные месторождения, обрабатываемые Алмалыкским ГМК были в свое время открыты по следам древних разработок

Сырьевую базу района характеризуют не только запасы обрабатываемых месторождений, но и нетрадиционные ресурсы: (рис. 2.1.1)

1. отвалы горнорудного производства,
2. отвальные хвосты обогащения,
3. отходы металлургического производства.

В настоящее время запасы руд сконцентрированные в техногенные месторождения только на Алмалыкском ГМК исчисляются сотнями миллионов тонн и могут служить дополнительным источником получения металлов и другой продукции.

Месторождение медно-порфировых руд Кальмакыр. Месторождение Кальмакыр, было отмечено в 1925 г. геологом С.Ф. Машковцевым и описано в 1927 г. Б.Н. Наследовым. Разведка месторождения началась в 1931 г. и периодически производилась практически до 1996 года. Впервые запасы месторождения были

утверждены ВКЗ в 1940 году в количестве 1,7 млн. тонн меди (окисленные медные руды), а последний подсчет запасов был утвержден ГКЗ РУ по состоянию на 01.06.1996 года в количестве около 4 млрд. тонн руды. Утвержденные запасы могут обеспечить непрерывную работу карьера на 80 - 100 лет.

Месторождение Кальмакыр расположено в 3-х км восточнее города Алмалык, в предгорьях Кураминского хребта.

Основными рудовмещающими породами являются сиенито-диориты, диориты и сиениты, прорванные штоком гранодиорит-порфиров.

В плане рудный штокверк вытянут в С-З направлении на 3,5 км. при ширине 1,8 км. В ходе разведочных работ на глубину оруденение прослежено до 1200 метров. Существенное влияние на морфологию рудного штокверка оказывает форма и объем штоков гранодиорит-порфиров, физико-механические свойства вмещающих пород и зон трещиноватости. Внутренний контур штокверка практически повторяет контакт штоков гранодиорит-порфиров, а внешний полностью зависит от принятого бортового содержания. Рудная минерализация тяготеет к экзоконтакту и в меньшей мере к эндоконтакту штока гранодиорит-порфиров и локализуется в породах сиенито-диоритового комплекса. Гранодиорит-порфиры практически безрудные.

На месторождении выделено три природных типа руд: окисленные, смешанные и сульфидные, первые два из них практически полностью отработаны. Первичные сульфидные руды представлены более чем 150-ю минералами, из которых главными являются: халькопирит, пирит, халькозин и молибденит.

Золото и серебро связаны с кристаллической решеткой халькопирита и частично пирита, небольшая часть находится в самородном виде. Все остальные попутные компоненты: сера, селен, и теллур также связаны с указанными минералами. И лишь только молибден и основная часть извлекаемого рения связаны с молибденитом.

Сульфидные руды Кальмакырского месторождения легкообогатимые: извлечение меди составляет от 75 до 80 %.

Доразведка флангов и глубоких горизонтов месторождения с общим подсчетом запасов основных и попутных компонентов (1996 г.) позволила, при увеличении запасов меди на 15%, нарастить валовые

запасы попутных компонентов: молибдена в 1.4 раза, золота почти в 2 раза, серебра в 2.4 раза, рения в 5.7 раза, селена в 3.9 раза.

Подсчет запасов, выполненный, с применением компьютерной техники дал, возможность создать базу данных по месторождению, в которой собрана вся имеющаяся на объект геологическая информация. В настоящее время на основе этой базы данных успешно функционирует пакет прикладных программ АРМ «Геолог», который позволяет оперативно решать вопросы оперативного учета, краткосрочного и долгосрочного планирования направлений добычных работ.

Отработка месторождения открытым способом началась с 1954 г. Нижние горизонты месторождения обрабатываются на автомобильный транспорт, с перегрузом на железнодорожный, верхние - на железнодорожный. Руда доставляется на обогатительную фабрику в железнодорожных думпкарах на расстояние до 8 км, породы вскрыши доставляются также железнодорожным транспортом в отвалы на расстояние от 5 до 10 км.

В карьере и на отвалах задействовано 32 экскаватора с емкостью ковшей от 10 до 20 м³, 15 буровых станков.

Параметры карьера: длина - 2.3 км., ширина - 1.8 км., относительная глубина 0.4 км. Проектная годовая производительность по руде при бортовом содержании меди 0.2 % 34 млн. тонн. В настоящее время ведется проектирование системы циклично-поточной технологии добычи и транспортировки руды, ввод в эксплуатацию которой позволит поднять производительность карьера до 45 млн. тонн (1-очередь) и в дальнейшем выйти на рубеж 60 млн. тонн (2-очередь) руды в год.

Месторождение медно - порфировых руд Сарычеку. Месторождение открыто в 1927 г. геологом Б.Н. Наследовым. Первую предварительную оценку месторождение получило в 1933г, после проведения работ С.Т.Бадаловым и А.В.Королевым. Запасы месторождения были оценены в 300 т.т. руды. Широкомасштабные геологоразведочные работы на месторождении были начаты в 1955 г. Первый подсчет запасов был утвержден в 1960 г. ГКЗ СССР, последний выполнен в 1983 году.

Месторождение расположено в висячем боку Мисканского разлома оперяющей его системы. Оруденение локализуется в клине между встречно падающими Мисканским и Саргаламским разломами и приурочено к восточному крылу пологой

брахиантиклинальной складки, сложенной кварцевыми порфирами и прорывающими их гранодиорит-порфирами. Оруденение медно-порфировое. Форма рудного тела пластообразная, вытянутая в ЮВ направлении, со слабым погружением на СВ.

На месторождении выделены окисленные, халькозиновые и сульфидные руды. В настоящее время первые два типа руд практически отработаны.

Протяженность рудной зоны по простиранию составляет 1160 м., наибольшая глубина подсечения руд - 340 м. Минералогический состав руд является типичным для всех меднопорфировых месторождений района. Основными ценными компонентами в рудах являются: медь, молибден, золото, серебро, попутными селен, теллур, рений.

Руды богаче Кальмакырских по содержанию меди и беднее по золоту. Обогащаемость высокая и колеблется в диапазонах 80 - 85%. В настоящее время руды Сарычекинского месторождения перерабатываются на свинцово-цинковой обогатительной фабрике.

Месторождение отрабатывается карьером с 1974 года, на автомобильный транспорт. Руда доставляется на перегрузочный пункт (до 5 км) и далее железной дорогой на обогатительную фабрику (до 20 км).

Параметры карьера: длина - 1.8 км., ширина - 1 км., относительная глубина 0.25 км. Проектная годовая производительность карьера по руде 4 млн. тонн, максимально достигнутая 5 млн. тонн. Запасы обеспечивают работу карьера на ближайшие 20-25 лет.

Месторождение медно - порфировых руд Дальнее. История открытия и изучения месторождения Дальнее охватывает период с 1927 по 1962 гг, когда были пробурены первые разведочные скважины, вскрывшие промышленное оруденение. Наличие погребенных месторождений в районе предполагалось С.Ф.Машковцевым еще в 1927 г. Предположение о возможности существования промышленного оруденения на задернованных территориях к западу от Кальмакыра высказывалось А.В.Королевым (1935-1939 гг.). Однако эти высказывания не были достаточно четко обоснованы. Периодически проводившиеся до 1962 г. геологические и геофизические работы давали противоречивые результаты, но все исследователи делали заключение о возможности наличия промышленного оруденения.

В 1962 г. две проверочные скважины вскрыли рудные тела значительной мощности, на основании этих работ была поставлена предварительная разведка (1963-1964 гг.), затем детальная (1965-1967 гг.), законченная в период (1974-1978 гг.). Запасы утверждены в ГКЗ СССР в 1983 году и составляют около 2,0 млрд. тонн руды. В геологическом отношении является полным аналогом месторождению Кальмакыр и является его естественным продолжением на глубоких горизонтах. Содержания основных и попутных компонентов при бортовом содержании меди 0,2 % примерно на 30 % ниже Кальмакырских. Месторождение рассматривается как резервное на восполнение выбывающих мощностей рудника Кальмакыр. Проектная мощность карьера по добыче руды 30 млн. тонн в год, что обеспечит срок существования карьера на 70-80 лет.

С момента утверждения запасов до настоящего времени добычные работы на месторождении не проводились. Расположение запасов Дальнего практически в центре основных транспортных коммуникаций рудника Кальмакыр, связывающих его с отвалами и МОФ, близость проектного контура к старой части города Алмалык, создает на сегодняшний день практически непреодолимые трудности с началом отработки. Помимо этого, не решён вопрос размещения огромных объемов вскрыши и самое главное из-за низких содержаний в рудах основных и попутных компонентов, сегодня экономически целесообразно перерабатывать забалансовые руды Кальмакыра, которые попутно добываются при отработке месторождения.

Таким образом, в настоящее время медно-молибденовая ветвь комбината обеспечена запасами на достаточно продолжительный срок. Процентное соотношение запасов металлов категорий В + С₁ по месторождениям медно-молибденовой ветви комбината приведено ниже (рис. 2.1.2). Кроме этого Алмалыкскому горно-металлургическому комбинату переданы в эксплуатацию медно-колчеданное месторождения Хандиза и золоторудные месторождения Кочбулак, Чадак, Кызылалмасай и др.

Месторождения района отличаются высокой комплексностью. В настоящее время список минеральных видов района включает в себя 179 названий. Из них к рудным минералам относятся около 60. Для всех месторождений характерны так называемые "сквозные" минералы: самородное золото, молибденит, пирротин, пирит, борнит, сфалерит, галенит, гематит, являющиеся фактически

носителями благородных металлов, а также редких и рассеянных элементов (табл. 2.1.1).

Распределение элементов-примесей в основных сульфидах в халькопирите и пирите месторождений Алмалыкского района характеризует рисунок 2.1.2.

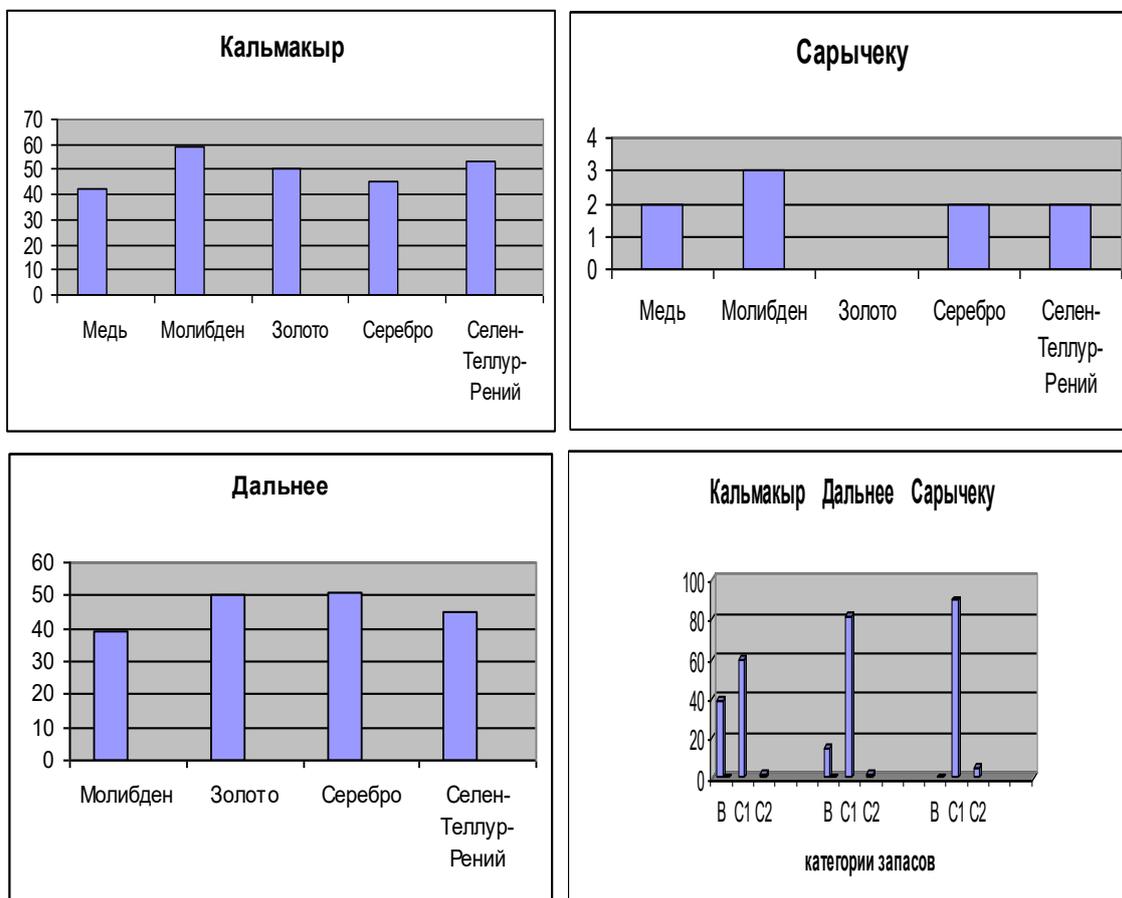


Рисунок 2.1.2 - Процентное соотношение запасов руды по категориям на медно-порфировых месторождениях Алмалыкского ГМК приведено ниже:

Таблица 2.1.1

Распределение элементов-примесей.

Элементы	Халькопириты			Пириты		
		Дальнее	Сарычеку	Кальмакыр	Дальнее	Сарычеку
1	2	3	4	5	6	7
Золото	22/20	24/11	1,5/7	3,5/30	5/32	2,5/4
Серебро	65/20	56/17	75/7	36/30	21/30	32/4 20/9*
Кадмий	25/1	20/58	25/1	-	1 8/96	-
Галлий	10/7	1/2	15/3	50/4	1,6/64	1/9
Индий	11/29	1,6/5	4/17	0,5/17	6/15	-
Таллий	7/43	1,4/7	0,0/10	2/40	1/17	-
Германий	1/3	1/4	1/1	-	-	-
Висмут	70/25	194/7	50/3	50/3 1	70/144	н.о/7 62/13
Селен	83/34	84/122	'100/16	40/77	63/171	60/5
Теллур	10/34	7/122	18/12	16/77	11/169	10/5 34/13*
Платина	0,02/3	0,16/20	-	н.о/3	1,2/3	-
Родий	0,01/1	0,01/1	-	-	0,02/3	-
Никель	н.о/3 1	60/29	n/3	0,0n/40	1 05/84	5,8/12
Кобальт	nn/3 1	176/29	n/3	0,n/40	1 080/46	77/12
Ртуть	0,3/1	-	0,3/1	1/23	-	-
Рений	2,6/9 '	1,0/20	8,4/1	1,2/8	1,2/46	2,2/1

Примечание: в числителе - средние содержания (г/т), в знаменателе - количество анализов, n- граммы на тонну, nn- десятки грамм на тонну, 0,n%, 0 nn% - по данным спектрального анализа, * - по данным химической анализа (Турсебеков, Головин и др., 1984г.) ** - то же по данным спектрального анализа.

Месторождение свинцово-цинк-баритовых руд Уч-Кулач. Месторождение расположено в 320 км. На ЮЗ от города Алмалык в Джизакской области Республики Узбекистан. Впервые упоминание об Уч-Кулакском месторождении приводятся в работах А.А.Смирнова (1930 г.). В 1950 г. Н.Н. Лосевым после окончания оценочных работ были даны рекомендации для постановки детальной разведки, которая началась в 1951 г. Разведочные работы продолжались непрерывно до 1963 г.

Свинцово-цинковое месторождение Уччулач является типичным представителем стратиформных свинцово-цинковых месторождений и имеет эксгальционно-осадочный (пневматолито-гидротермальный по Попову 1964) генезис. Основные рудные тела имеют сложные лентообразные и пластообразные формы, согласно

залегают в доломитах верхне-учкулачской свиты и вулканогенно-осадочных породах нижнеучкулачской свиты и повторяют структурные элементы вмещающих пород. Для рудных тел характерны значительные раздувы и пережимы по мощности, которые нередко обуславливают их линзообразную форму.

По расположению в пространстве и особенностям геологического строения на месторождении Уч-Кулач выделено две группы рудных тел.

Первая группа рудных тел приурочена к синклинальному осложнению в центральной части антиклинали и представлена несколькими пологозалегающими линзообразными залежами, расположенными последовательно друг над другом.

Вторая группа рудных тел приурочена к северному крылу Ханбандытауской антиклинали и представлена в основном крутопадающими (60-70°) залежами.

В геологическом разрезе Уч-Кулача, оруденение развивается в отложениях от нижнеучкулачской до устькуруксайской свиты включительно. Основная масса промышленного оруденения второй группы рудных тел локализуется в верхне-учкулачской существенно доломитовой толще. Оруденение, приуроченное к нижнеучкулачской и ментской свитам, выражено намного слабее и носит подчиненный характер. Минеральный состав рудных тел сравнительно простой. Руды сложены галенитом, сфалеритом и баритом и отличаются только их соотношением в зависимости от положения в разрезе и в плане.

Кроме основных рудных минералов (галенит, сфалерит, барит) значительное развитие имеют пирит, борнит, блеклые руды. Жильные минералы представлены доломитом, кальцитом, кварцем. Вредные примеси практически отсутствуют.

Месторождение Уч-Кулач отрабатывается открытым способом с 1983 г., высота уступа 10 м., погрузочное оборудование - экскаваторы ЭКГ-5 и ЭКГ-8, буровое - станки шарошечного бурения СБШ-250, транспортное - автосамосвалы Белаз-7549.

Часть запасов предусматривается отрабатывать подземным способом. В настоящее время в проходке находятся три ствола шахты. Проектная мощность карьера по добыче руды 1100 т.т. руды в год. Проектная мощность строящегося подземного рудника 1200 т.т. руды в год. Запасы обеспечат работу карьера еще на 10-12 лет, запасы

подземного рудника первой обеспечат работу предприятия на 55-60 лет.

Руды, добываемые на месторождении, дробятся в щековой дробилке до крупности 250-0 мм и транспортируются по железной дороге на СОФ АГМК в г. Алмалык. Для отработки месторождения построены современный поселок на 4,0 тысячи жителей, школа, детские сады, кинотеатр, больница и т.д.

В заключении хочется отметить, что сырьевая база обеспечивает работоспособность комбината на долгие годы и может быть значительно расширена за счет мелких объектов (золотосодержащие флюсовые руды), нетрадиционных сырьевых ресурсов (хвосты обогащения, отвалы бедных руд, медные клинкеры, шлакоотвалы) увеличения комплексности переработки сырья (получение ранее не извлекавшихся элементов).

В последнее время на предприятиях ближнего и дальнего зарубежья для переработки различных отходов и полупродуктов металлургического производства все чаще применяются обогатительные процессы. Это позволяет более рационально использовать накопившиеся за многие годы техногенный материал и дополнительно извлечь из него многие ценные компоненты. Кроме того, детализация отходов производства способствует освобождению огромных площадей, занимаемых под их складирование, что весьма актуально с точки зрения охраны природы и использования плодородных земель в сельском хозяйстве.

В связи с этим нами была поставлена задача, выявить основные показатели токсичных элементов влияющих на экологическую обстановку района, с целью разработки минералого-геохимических критерий оценки отходов обогащения медно-обогатительной фабрики, шлаков и клинкеров (отходов медного и цинкового производства) АГМК и разработкой технологического регламента их отработки.

В природно-техногенных экогеохимических системах важным фактором воздействия на окружающую среду является минералого-геохимические процессы, прямо или косвенно связанные с природными геохимическими процессами, которые приводят к рассеянию и концентрации металлов и формированию рудных месторождений, а также с технической деятельностью человека. Отработка и переработка руд и концентратов различных типов

месторождений Алмалык – Ангреновского горнорудного района, приводят к накоплению многомиллиардных отходов с широким спектром промышленно ценных и токсичных элементов.

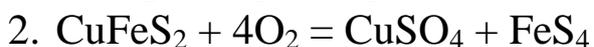
В настоящее время в Алмалык - Ангреновском рудном районе эксплуатируются или находятся на балансе многие промышленные типы рудных месторождений и рудопроявлений (табл. 2.1.2). Кроме этого развития гидрогеохимических, биогеохимических и геохимических ореолов расселения рудных минералов и элементов (повышение кларков концентраций), значительно расширяет области влияния месторождений и рудопроявлений на окружающую среду, а высокая миграционная способность многих токсичных элементов (Zn, Cu, Pb, Mo, Se, Te, As, Sb и др.) сказывается на ухудшении экологической обстановки. Например, для Алмалыкского рудного района повышение содержания в водах Cu, Zn, Cd, Pb, Mo связано именно с выявлением природных рудных концентраций. Перечисленные рудные месторождения, рудопроявления и ореолы рассеяния минералов и элементов интенсивно подвергаются преобразованиям и изменениям в поверхностных условиях. Самыми существенными в этом отношении являются процессы окисления и растворения сульфидных систем, приводящие к возникновению растворимых в воде сульфатов.

Таблица 2.1.2

Рудные месторождения и рудопроявления Алмалык – Ангреновского рудного района

Промышленные типы месторождений и рудопроявлений	Главные минералы	Наименования месторождений и рудопроявлений
Медно- молибденовые	пирит, халькопирит, блеклые руды, золото	Кальмакыр, Сары-Чеку, Кызата, Нижнекаульдинское, Дальнее, С-3 Балыкты, Карабулак и др.
Полиметаллические	пирит, сфалерит, галенит, блеклые руды, халькопирит	Кургашинкан, Карахана, Сардоб, Накпай, Северный Кургашинкан и др.
Золоторудные	пирит, блеклые руды, золото	Каульда, Бичанзор, Арабулак, Кочбулак, Тагоп Кызылмасай и др.

Общую схему преобразования сульфидов в этих зонах можно проиллюстрировать на примере широко распространенных минералов пирита (FeS_2) и халькопирита (CuFeS_2), которые содержат рассеянные элементы техногенные элементы: Se, Cd, Te, As, Sb, Hg и др.



Сульфат железа (FeSO_4) – неустойчивое соединение, а образующиеся H_2SO_4 усиливает кислотные свойства подземных и поверхностных вод и интенсифицирует процессы окисления.

Высвобождение ценных и токсичных элементов, при окислении сульфидов и их миграции в поверхностные воды может приводить к широкому рассеянию компонентов с последующим концентрированием их в различных объектах окружающей среды (геохимические барьеры). При этом фиксированный разнос отдельных компонентов (Cu, Cd, Pb, S, Zn, As) в водах по нашим данным колеблется от сотен метров до нескольких километров.

Значительное влияние на переход элементов из рудных тел в раствор оказывают микроорганизмы.

Под действием бактерий в раствор переходят металлы в несколько тысяч раз больше, чем при простом окислении.

Многие выносимые в процессе окисления элементы накапливаются в донных илах (геохимический барьер), особенно при наличии гидроокислов Fe, Mn и органического вещества. Наблюдается рост содержания рудных элементов в почвах и растениях.

Все растения района без исключения являются «насосом» перекачивающих минерализованные растворы на дневную поверхность. Отмирание зеленой массы растений приводят к повторному и часто более сильному загрязнению тяжелыми металлами поверхностного слоя почв, что приводит к загрязнению атмосферы.

В областях влияния зон окисления сульфидных месторождений в Алмалыкском рудном районе нами отмечены угнетающие, а иногда губительные воздействия высвободившихся токсичных элементов (Cu, Zn, Cd, Pb, As) из рудных минералов на растительные сообщества. На некоторых площадях медных месторождений рудопроявлений Алмалыка встречаются участки лишенные или с убогой растительностью.

Рудные месторождения, рудопроявления и геохимические ореолы Алмалык- Ангрэнского района являются источником многих элементов токсикантов (Cu, Zn, As, Pb, Cd и др.) Окисление рудных минералов содержащих в себе токсичные элементы вблизи поверхности приводят к их миграции в окружающую среду, существенно ухудшая экологическую обстановку в районе.

2.2. Химический состав и содержание промышленно-ценных и токсичных элементов

На базе аналитических исследований была получена информация по содержанию основных петрогенных, рудных, благородных и редких элементов в техногенных отходах (табл. 2.2.1 - 2.2.2).

По содержанию кремнезема, алюминия и по их соотношениям этих элементов, техногенные отходы можно отнести к следующим технологическим типам руд: медные балансовые и забалансовые окисленные руды; медные забалансовые сульфидные и смешанные руды; руды отвальных хвостов МОФ и СОФ относятся к алюмосиликатному типу руд; а шлаки, медные и отвальные клинкеры МОФ и СОФ относят к алюмосиликатно-оксидному типу (табл. 2.2.1).

Самыми крупными по объему и запасам рудообразующих, благородных и редких элементов являются: забалансовые и балансовые окисленные руды; забалансовые первичные и смешанные руды; руды хвостов обогащения МОФ и СОФ (табл. (2.2.2).

Все сопутствующие элементы техногенных отходов подразделены на два класса:

- к первому классу относятся промышленно-ценные элементы: медь, молибден, золото, серебро, платиноиды, рений, теллур;
- к классу токсичных элементов относится: свинец, цинк, кадмий, висмут, мышьяк, сурьма, таллий (табл. 2.2.2).

Для всех перечисленных элементов техногенных отходов установлены минеральные формы фиксации: для меди - халькопирит, борнит, халькозин, ковелин, куприт, малахит, азурит и др.; для молибдена - молибденит, молибдит, повеллит и др.; для золота - самородное золото, теллуриды и селениды золота и др.; для серебра - самородное серебро, аргентит, селениды и теллуриды

серебра, сульфосоли серебра; для платиноидов установлен один минерал - меренскит; для теллура - теллуриды золота, свинца, серебра и др.; для рения - впервые установлены минералы рения - ReS_2 и джезказганит; для свинца - галенит, церусит и др.; для цинка - сфалерит, смитсонит и др.; для кадмия - гринокит; для висмута - висмутин, сульфосоли и теллуриды висмута; для мышьяка - арсенопирит, тенантит, тенантит-тетраэдрит; для сурьмы - тетраэдрит, тетраэдрит-тенантит и др.; для таллия - минералы не установлены.

Таблица 2.2.1

Химический состав отходов медного и цинкового производства АГМК

Наименование отходов	SiO_2	Al_2O_3	Fe общ	MgO	CaO	Отношение $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$
Руда медная забалансовая и балансовая оксидная	66,3	12,5	6,5	-	-	5,06
Медная забалансовая первичная и смешанная руда	63,0	12,8	4,0	-	-	5,0
Отвальные хвосты обогащения МОФ	59,3	13,6	4,6	2,3	2,4	4,3
Отвальные хвосты СОФ	39,5	8,6	3,8	9,8	15,4	4,5
Шлаки медеплавильного завода	29,7	5,1	51,6	0,75	2,04	5,8
Медный клинкер цинкового завода	18,0	3,55	51,4	1,21	5,39	5,0
Отвальный клинкер цинкового завода	10,0	0,7	18,0	-	-	14,0

По содержанию токсичных, рудообразующих, благородных и редких элементов самыми высокими являются техногенные отходы: шлаки, медные клинкеры, отвальные клинкеры медеплавильного и цинкового производства. В них самые высокие содержания меди, золота, серебра, платиноидов, свинца, цинка, мышьяка, сурьмы (табл. 2.2.2).

Таблица 2.2.2

Содержание токсичных и промышленно-ценных элементов в отходах медного и цинкового производства АГМК

№	Наименование отходов	Находится в отвалах в тыс. т.	Промышленно-ценные элементы							Токсичные элементы								
			в %	в Г/Т						в %		в Г/Т					в %	
			Cu	Mo	Au	Ag	ΣЭПГ	Te	Re	Pb	Zn	Cd	Bi	As	Sb	Tl	S _{общ}	Se
1	Медная забалансовая и балансовая окисленная руда	348320	0,6	25	0,7	3,0	0,120	1,2	0,20	0,040	0,049	9,0	4,0	225	12,0	1,5	1,2	-
2	Медная забалансовая и смешанная руда	1298658	0,28	50	0,47	1,95	0,08	2,0	0,30	0,030	0,025	35,0	5,0	420	8,3	1,0	1,8	-
3	Отвальные хвосты обогащения МОФ	900000	0,24	35,0	0,56	2,67	0,06	1,66	1,60	0,0312	0,0355	6,20	2,70	40	11,3	2,77	2,48	4,03
4	Отвальные хвосты обогащения СОФ	158000	0,013	5,0	0,033	3,0	0,03	4,0	0,09	0,30	0,30	25,0	4,0	42	5,0	1,0	0,96	3,5
5	Шлаки медеплавильного завода	12660	2,02	790	1,8	7,3	0,18	1,29	0,02	0,41	0,53	17,3	3,0	777	763	0,61	2,18	2,41
6	Медный клинкер цинкового завода	1160	1,9	150	3,5	526	0,80	16	-	1,18	2,21	-	46,0	6500	800	-	9,58	80,0
7	Отвальный клинкер цинкового завода	420	0,16	5,0	0,4	26,0	-	-	-	0,37	1,2	30,0	-	3000	-	1,5	4,0	-

Примечание: ΣЭПГ – сумма платиноидов; СОФ – свинцовая обогатительная фабрика; МОФ – медная обогатительная фабрика; - элемент не определен. Таблица составлена по материалам АГМК и автора отчета Туресебекова А.Х.

Классификация техногенных отходов Ангрено-Алмалыкского горнопромышленного района. Техногенные отходы (месторождения) - отходы переработанных и видоизмененных по физическому, химическому, минералогическому, гранулометрическому составу природных минеральных ресурсов, являющихся конечными техническими продуктами, не соответствующими установленным кондициям. Многие перерабатываемые промышленные типы месторождений мира сопровождаются отходами различной значимости.

В таблице 2.2.3 приводится классификация отходов горнодобывающей, металлургической и энергетической отрасли Алмалык-Ангреновского района. Самыми крупными по объему и занимаемой площади являются отвалы забалансовых руд и отходы обогащения (хвостохранилищ) Алмалыкского горнорудного района (табл. 2.2.3).

Таблица 2.2.3

Классификация отходов горнодобывающей, металлургической и энергетической отрасли Алмалык-Ангреновского района

	Горнодобывающая отрасль		Металлургическая отрасль	Энергетическая отрасль
1	Вскрышные отвальные породы при отработки медно-молибденовых, свинцово-цинковых, золоторудных и угольных месторождений.	1	Отвальные шлаки медеплавильной печи	Шлаки Ангреновской и Ново-Ангреновской ГРЭС
		2	Отвальный медный клинкер цинкового завода	
2	Отходы забалансовых руд при отработке медно-молибденовых, золоторудных, свинцово-цинковых и урановых руд	3	Отвальный клинкер цинкового завода	
		4	Пыль КФП, пыль конверторная	
3	Отвальные хвосты обогащения медно-молибденовых, свинцово-цинковых и золоторудных месторождений			

На территории Алмалык-Ангренского горно-рудного района накоплено до 1 млрд. т. различных отходов, которые ежегодно наращиваются и не реализуются. По состоянию на 01.01.2019г. на хвостохранилище № 1 (СХХ) числится 546,2 млн. тонн хвостов обогащения, в них меди 610,5 тыс. тонн с содержанием 0,112 %, золота 114,0 тонн с содержанием 0,21 г/т и серебра 577,8 тонн с содержанием 1,06 г/т. По состоянию на 01.01.2019г. на хвостохранилище № 2 (ОХХ) числится 775,3 млн. тонн хвостов обогащения, в них меди 801,6 тыс. тонн с содержанием 0,103%, золота 156,5 тонн с содержанием 0,20 г/т и серебра 800,9 тонн с содержанием 1,03 г/т (табл. 2.2.4) [115].

Таблица 2.2.4

Химический состав отходов в хвостохранилищах АГМК

Наименование	Кол-во, млн. т	Медь		золото		серебро	
		%	тыс. т	г/т	т	г/т	т
Хвостохранилище №1	546.2	0.112	610.5	0.210	114.0	1.06	577.8
Хвостохранилище №2	775.3	0.104	801.6	0.200	156.5	1.03	800.9
Всего:	1321.5	0.107	1412.1	0.205	270.5	1.04	1378.7

Хвостохранилище №1, 2 в настоящее время находятся в эксплуатации и являются действующими, срок эксплуатации СХХ рассчитан до 2025 года. На хвостохранилище №1 ежегодно складировается 6,7 млн.т и на хвостохранилище №2 складировается 27,8 млн.т. хвостов обогащения. Минералогический состав текущих отвальных хвостов МОФ: 1. нерудные минералы (94,2%), находящихся в основном в свободном состоянии (97 отн. %), редко в сростках с халькопиритом, пиритом, окислами и гидроокислами железа; размер зерен 0,0165-0,8 мм; 2. халькопирит (0,6), представлен угловатыми, реже изометричными зернами в свободном состоянии (38 отн. %, размером 0,01-0,06 мм) и в сростках: а. с нерудными минералами (59 отн. %) по границам зерен размером 0,0275-0,11 мм, в виде включений в них (0,006-0,01 мм); б. с пиритом (3 отн. %), размер 0,017-0,088 мм; с. в виде редких

включений в агрегатах магнетит-гематитового состава, размером 0,017 мм; 3. пирит (2,3%), представлен в основном свободными от сростков (95 отн. %) зернами изометричной и угловатой формы размером 0,0165-0,65 мм, реже образующего сростки с нерудными минералами (3,4 отн. %), с халькопиритом (1,6 отн. %), в единичных зернах отмечены изометричные включения борнита; 4. агрегаты магнетит-гематитового состава и гидроокислов железа – 3%; 5. единичные зерна борнита в пирите размером 0,015 мм; 6. железной стружки – ед.знаки; 7. ярозита – 0,5% присутствует в зоне с окислами сульфидов.

Забалансовые сульфидные руды рудника «Кальмакир» (отвалы А-7 и А-8) расположены в 2 – 4,5 км от медной обогатительной фабрики – 2 (МОФ-2). На отвалах А-7 и А-8 числится 74,5 млн. тонн забалансовой руды, в ней меди 171 тыс. тонн с содержанием 0,23 %, золота 31,6 тонн с содержанием 0,424 г/т и серебра 132,2 тонн с содержанием 1,77 г/т. Главными рудными минералами забалансовых руд месторождения Кальмакыр являются пирит (3,6 абс.%), магнетит (2,1 абс.%), гематит (0,3 абс.%), халькопирит (0,4 абс.%). В виде единичных зерен встречены сфалерит, галенит, молибденит, минералы группы блеклых руд. Главными породообразующими минералами являются серицит (мусковит) – 41,2 абс.%, кварц (30 абс.%), минералы группы карбонатов (7,1 абс.%), хлорит (8,2 абс.%), плагиоклаз (4 абс.%), в меньшей степени распространены биотит и роговая обманка составляющие 1,2 абс.% и 0,5 абс.% соответственно. К числу аксессуарных минералов относится эпидот, который встречен в виде единичных зерен. В декабре 2016 года реализован проект «Вовлечение в отработку забалансовых отвальных руд месторождения «Кальмакыр» с переработкой 4 млн. тонн руды в год. Прогнозные показатели по извлечению меди в медный концентрат 60%, золота 60%, серебра 40%. В настоящее время комплекс остановлен, из-за не достижения прогнозных показателей.

Забалансовые окисленные руды месторождения «Кальмакир» (отвалы №№ 39, 9, 10, 8а, А-4) с общим количеством руды 63,8 млн. тонн, в ней меди 209,0 тыс. тонн с содержанием 0,328 %, золота 31,1 тонн с содержанием 0,488 г/т и серебра 144,5 тонн с содержанием 2,27 г/т (табл. 2.2.5). Отвалы забалансовых окисленных руд разбросаны друг от друга на расстоянии от 2 до 20 км. [115]

Таблица 2.2.5

**Содержание Cu, Au и Ag в отвалах окисленных
забалансовых руд месторождения «Кальмакир»**

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Состояние на 01.01.2018 г.	Среднее содержание	
Отвал № 39					
1	руда	тыс.т	1413,0		
	медь	тыс.т	12,0	0,849	%
	золото	кг	1790,0	1,267	г/т
	серебро	т	6,0	4,246	г/т
Отвал № 9					
	руда	тыс.т	3806,1		
	медь	тыс.т	27,4	0,720	%
	золото	кг	4247,0	1,116	г/т
	серебро	т	13,8	3,626	г/т
Отвал № 10					
	руда	тыс.т	20717,9		
	медь	тыс.т	76,7	0,370	%
	золото	кг	10349,6	0,500	г/т
	серебро	т	43,5	2,100	г/т
Отвал № 8а					
	руда	тыс.т	31941		
	медь	тыс.т	72,2	0,226	%
	золото	кг	11906,8	0,373	г/т
	серебро	т	72,0	2,254	г/т
Отвал № А-4					
	руда	тыс.т	5898,0		
	медь	тыс.т	20,7	0,351	%
	золото	кг	2830,0	0,480	г/т
	серебро	т	9,2	1,560	г/т
Всего:					
	руда	тыс.т	63776,1		
	медь	тыс.т	209,0	0,328	%
	золото	кг	31123,4	0,488	г/т
	серебро	т	144,5	2,266	г/т

Наиболее распространенные минералы в окисленных рудах: малахит, гетит, гидрогётит, гематит, хризоколла и халькозин. Среди окисленных руд выделяются руды, которые трудно обогащаются прямой флотацией. Эта разновидность получила название «упорных» руд. Наличие такой разновидности объясняется

присутствием в окисленных рудах минералов - хризоколла, бирюза, либетенит, эдит, купрогаллуазит, медесодержащий серицит, купроалунит, медесодержащий каолин и лампадит. Эти минералы имеют широкое распространение в участках интенсивно серицитизированных пород и в местах глубокого развития процессов окисления. При этом значительная часть меди приобретает малоподвижную форму («связанной») трудно извлекаемой при обогащении и химическом анализе. Минералогический состав выщелоченных руд аналогичен окисленным. Они различаются количественными соотношениями минералов и их характером распределения. В выщелоченных породах преобладают гидроокислы железа и гематит. Пирит редок. Медные минералы встречаются спорадически и в значительно меньших количествах по сравнению с минералами железа [115].

Техногенное месторождение отвальных шлаков металлургического производства медеплавильного завода находится на расстоянии 3,7 км от г.Алмалык. Шлакоотвал действующий. Начало формирования объекта - 1964 год. В него складировались шлаки, образующиеся на медеплавильном заводе при переработке медных концентратов. Минеральной основой медеплавильных шлаков являются – фаялит $2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$ и стекло, второстепенные соединения представлены цинксодержащим магнетитом, гематитом сульфидами (пирит, пирротин, троилит, сфалерит, галенит) оксидами меди (куприт и тенорит) сульфидами меди и железа и самородной медью.

Эти отходы - составная часть техносферы, занимающая пространство между литосферой, гидросферой, атмосферой и биосферой. Суммарная ценность ценных металлов в отходах сопоставима со стоимостью известных запасов в недрах (табл. 2.2.5).

2.3. Уровень организации минерального вещества техногенных отходов

Как выше было сказано, под отходами мы понимаем вещества, являющиеся технологическим продуктом переработки различных видов минерального сырья. В них минеральные образования (МО) объединяют минералы, минеральные ассоциации пород и руд, все структурно-вещественные образования, которые принадлежат к определенным уровням организации вещества и которые следует выделять по «иерархическому структурно-вещественному типу» [80, 81, 82].

Основная нагрузка при установлении уровня организации минерального вещества в основном приходится на выяснение размеров минеральных индивидов, которые являются дискретными по своей сути и природе.

В связи с этим выделяется следующий уровень организации вещества техногенных отходов: макросистема, микросистема и наносистема (табл. 2.3.1)

Техногенные отходы сформировались пройдя сложный путь отработки, обогащения и металлургического передела первичных руд, в связи с этим процессы самоорганизации минерального вещества проходили на уровне элементарных ячеек, дискретных размеров минеральных индивидов и их сообществ (минеральные ассоциации и парагенезисы), микроминеральных индивидов (микроассоциации и микропарагенезисы) и ультрадисперсные частицы (стекла, шламы, коллоидные образования).

Системный подход к уровням организации минерального вещества являются ключом для выяснения негативных последствий трансформации вещества под воздействием процессов выветривания, окисления и биологического воздействия при длительном хранении техногенных отходов. Это влечет за собой потери промышленно-ценных металлов и токсичных элементов с выносом их по дренажной системе в крупные речные водотоки, нарушая при этом экологическую обстановку в районе.

Установлено, что для различных техногенных типов отходов присущ свой дискретный размер минералов и их сообществ, которые определяют уровень самоорганизации минерального вещества.

Таблица 2.3.1

Уровень организации минерального вещества техногенных отходов Алмалыкского горно-металлургического комбината

№	Уровень Организации вещества	Размер-ные уровни	Уровень строения	Вещественное представление системы	Элементы неоднородности	Вещественная характеристика Неоднородности
1	Макросистема	1м-1мм	Макроскопический	Отвальные забалансовые Cu-Mo новые руды	Первичный сульфидный минеральный тип руд	Совмещение прожилково-вкрапленных, медно-молибденовых и др. типов руд
2	Микросистема	$<10^{-1}$ м	Микроскопический	Минеральный агрегат	Зерна минералов	Матрицы: пирит, халькопирит, молибденит, магнетит, блеклая руда, кварц, сфалерит, галенит
		$10^{-2}-10^{-6}$ м	Субмикроскопический	Зерно минерала (матрица)	Микроминералы	Самородное золото, теллуриды золота и серебра, минералы кобальта, никеля, селена, теллура, висмута, рения и др.
3	Микросистема	$>0,07$ м	Микроскопический	Отвальные хвосты обогащения	Минеральные зерна	Матрицы: пирит, халькопирит, молибденит, магнетит, сфалерит, галенит, кварц и др.
		$<0,07-10^{-6}$ м	Субмикроскопический	Зерно минерала (матрица)	Микроминералы	Самородное золото, теллуриды золота и серебра, минералы никеля, кобальта, селена, теллура, висмута, рения и др.
4	Наносистема	$10^{-6}-10^{-9}$ м	Ультрамикроскопический	Ультрадисперсные частицы	Наночастицы	Шламы, коллоидные вещества
5	Микросистема	$<10^{-1}$ м	Микроскопический	Отвальные шлаки медьзавода	Зерна минералов	Матрицы: фаялит, стекло, оливин, магнетит, шпинель, форстерит и др.
		$10^{-2}-10^{-6}$ м	Субмикроскопический	Зерно минерала (матрица)	Микроминералы	Самородные медь, серебро, пирротин, борнит, халькопирит, галенит, халькозин и др.
6	Наносистема	$10^{-6}-10^{-9}$ м	Ультрамикроскопический	Ультрадисперсные частицы	Наночастицы	Стекла, наносфероид самородного свинца и меди и др.

Синергетика процессов трансформации состава вещества в системе «руда-отходы». Синергетика является новой парадигмой нелинейности, открытости системы. Системы, представляющие предмет изучения синергетики могут быть самой различной природы. Установлено, что организация макроструктуры системы является следствием «кооперативности, взаимодействия микросоставляющих, вплоть до молекул» [80, 81, 82, 83].

Происхождение, прогнозирование и оценка руд различных типов месторождений не обходится без рассмотрения макроструктур различных по составу и размерами частиц [83].

Эволюция вещества происходит за счет влияния различных по своей природе процессов. Все эти процессы являются составной частью геотехносистемы, в которой происходит взаимодействие компонентов данной системы. Любая система подвержена нескольким стадиям развития как во времени, так и в пространстве. В работе рассматриваются процессы трансформации состава вещества системы «руда-отходы» в золото-медно-молибденовом месторождении Большой Кальмакыр.

Начальная стадия – исходная, природная в основном закрытая геосистема, в которой присутствуют только природные факторы (формирование крупного гидротермального месторождения Кальмакыр). По особенностям состава, строения, генезиса он относится к многоуровневой, гетерогенной системе, сформировавшейся в полихромной и полигонной осадочно-магматогенной рудной системе. Запасы, время образования, комплексность и уровень организации вещества (макро-, микроминералы, аморфные и коллоидные вещества, газово-жидкие микровключения и т.д.) создали разнообразие минералов и их разновидностей с учетом изоморфных рядов, полиморфных превращений; все эти признаки подготовили «технологическую» почву для дальнейшей трансформации вещества данного месторождения.

Первая стадия – исходная природная открыто-закрытая геосистема, в которой также присутствуют природные факторы формирования (гипергенные процессы). Первичные руды подверглись интенсивному выветриванию и окислению за счет атмосферных осадков, поверхностных и грунтовых вод.

В данную стадию первичное рудное вещество видоизменяется и преобразуется за счет природных гипергенных процессов с

образованием мощных зон выветривания и окисления сульфидных минералов. В этой стадии принимают активное участие микроорганизмы, которые также охотно окисляют сульфиды. Окислительные процессы и выветривание рудовмещающих пород происходит зонально. Верхняя часть представлена окисленными рудами и минералами: окислы, карбонаты, сульфаты, фосфаты Cu, Zn, Fe, Mo, Pb, Ag. Нижняя часть представлена зоной вторичного сульфидного обогащения руд и минералов: сульфиды и оксиды Cu, Zn, Fe, Mo, Pb и др.

Вторая стадия – преобладает техногенная открытая система, в которой в основном присутствуют техногенные факторы за счет промышленного освоения месторождения, при котором происходит его активная разработка. В этой стадии начинают преобладать техногенные процессы переноса вещества и энергии. В системе появляются дополнительные собственно техногенные энергоресурсы. Это энергия напряжения горных массивов, физическая энергия кристаллизационного давления (фазовые и полиморфные превращения), химическое взаимодействие; переход сульфидов, сульфатов, глинистых и слюдяных минералов в метастабильное состояние за счет процессов выветривания и окислительных процессов [84]; потенциальная энергия перемещенных масс, поверхностная энергия тонко- и ультрадисперсных частиц. Необходимо особо подчеркнуть, что сульфидные руды являются основным энергетическим ресурсом техногенной системы, поскольку при их окислении выделяется значительное количество тепла. В этой открытой геосистеме происходят интенсивные окислительные процессы и выветривания (по трещинам и в рудничных водах), отлагаются новообразованные, переотложенные минералы. Наблюдается высокая скорость окисления поверхности сульфидов, в дальнейшем оно отрицательно влияет на их обогащение.

Третья стадия – исходная открытая техногенная система, в которой присутствуют природно-техногенные факторы значительного преобразования вещества ландшафта (отвалы забалансовых и др. сортов руд). Рассеянное вещество этих отвалов представлено медно-благородно-редкометальной сульфидной и окисленной минерализацией; в значительных концентрациях установлены Te, Se, Re, Cd, Ni, Co, Bi, In, Ge и др. Отвалы, являясь «рыхлой» открытой системой, значительно увеличивают скорость

окислительных процессов. Химические реакции протекают достаточно быстро и проявляются в контрастных формах. Процессы окисления сульфидных минералов сопровождаются повышением температуры, образованием значительного количества серной кислоты, сульфатов, фосфатов, карбонатов, арсенитов, гидроокислов и др. Водные растворы приобретают кислую реакцию и высокую агрессивность.

Кроме этого, следует отметить высокую активность природных бактерий в окислительных процессах сульфидов, которые в значительных количествах установлены на многочисленных рудных месторождениях, в рудничных водах и отходах обогатительного производства.

Четвертая стадия – исходная техногенная система; в основном преобладают техногенные факторы преобразования вещества, проходящие в замкнутой системе: дезинтеграция и обогащение (гравитация и флотация).

В процессе обогащения поверхность рудного вещества трансформируется, меняет свои свойства и состав за счет соединений серы, извести, органических флотореагентов, вспенивателей и т.д. В процессе обогащения получают сульфидные концентраты и отходы, которые транспортируются в хвостохранилище.

Пятая стадия – исходная природная техногенная система, в которой преобладают в основном природные факторы преобразования вещества в открыто-замкнутой системе. Вещество в хвостохранилище представляет собой увлажненное, твердое, тонко измельченное, рассеянный материал, представленный сульфидами меди, пирита, молибденита и других сульфидов, концентраторами и носителями Cu, Mo, Au, Ag, Zn, Bi, Re и др. Многие благородные и редкие металлы присутствуют в минеральной форме. Кроме этого в достаточном количестве присутствуют и окисленные минералы Cu, Zn, Fe, Mo, Pb и др.

Все вышеперечисленные минералы в открытой замкнутой системе подвергаются природно-техногенным воздействиям: химической, биологической и техногенной природы. В процессе этих воздействий основная масса сульфидов со временем окисляется с образованием окисленных форм Cu, Zn, Fe, Mo, Pb и др., которые представлены сульфатными, карбонатными, фосфатными

минералами этих металлов, а окисленные минералы видоизменяются в другие соединения.

Аналогичные процессы происходят в кеках гидрометаллургической переработки концентратов. Скорость окислительных процессов намного интенсивнее, чем в хвостах обогащения, за счет рыхлой и сыпучей массы отходов и высоким содержанием сульфидов и оксидов Cu, Zn, Fe, Pb и др. Окисленные минералы представлены карбонатами, сульфатами, фосфатами, хлоридами Cu, Ag, Zn, Al и др.

Процессы окисления сульфидных и оксидных минералов в шлаках происходят по макро- и микротрещинам, которые образовались за счет резкого остывания шлака в поверхностных условиях. В отличие от всех отходов, минеральный состав после окисления сульфидов и оксидов шлаков довольно прост: сульфаты Cu и Fe.

В заключение следует отметить, что вещество рудных месторождений проходит сложный путь эволюции во времени и в пространстве. Главным агентом преобразования вещества и окружающей среды являются природные и техногенные процессы гипергенеза. Самыми существенными в этом отношении являются процессы природного и техногенного, химического и бактериального окисления и растворения сульфидов и других минералов, которые влияют на технологические свойства руд, обогащают или «истощают» руды первичных и техногенных месторождений.

2.4. Геохимические особенности техногенных ореолов рассеяния тяжелых металлов в поверхностном слое почв в зоне влияния предприятий и хвостохранилищ АГМК

Решение экологических проблем сегодня становится приоритетным для обеспечения устойчивого развития промышленных территорий. Особенно это касается горнопромышленных регионов, где горнодобывающим предприятиям и обслуживающим их производствам принадлежит первое место, прежде всего по твердым отходам. Современные масштабы ландшафтных и экологических изменений природной среды в горнорудных районах связаны с преобладанием открытого способа добычи полезных ископаемых. Ежегодно из извлекаемых

горных масс около 2/3 объема идут в отходы в виде отвалов и хвостохранилищ обогатительных фабрик, большая часть которых в последующем не используется. В результате происходит локальное и региональное загрязнение биосферы химическими элементами и образование техногенных аномалий, в которых содержание загрязняющих веществ в десятки и сотни раз превышает допустимые значения.

Размещение твердых отходов в отвалах и хвостохранилищах на поверхности крайне негативно влияет на состояние окружающей среды региона. Мощность техногенных образований, складированных в хвостохранилищах Алмалыкского горнорудного района, достигает 15 и более метров. Особую озабоченность вызывает загрязнение почв горнопромышленных районов тяжелыми металлами, так как концентрации многих из них превышают предельно допустимые значения. В такой ситуации исследования должны быть направлены на изучение закономерностей распределения загрязнителей по территории, а также на изучение и анализ механизмов устойчивости экосистем и их биотических компонентов к воздействию техногенных потоков загрязняющих веществ. Необходимым элементом таких исследований является процедура моделирования и картирования геохимических аномалий тяжелых металлов, обеспечивающие поиск скрытых закономерностей в структуре эколого-геохимической информации.

Почвы, являясь главным депонирующим компонентом природной среды, хранят в себе основной объем информации о физико-химических изменениях окружающей среды за весь период техногенеза. Они, как никакой другой компонент окружающей среды, требуют детального эколого-геохимического исследования и постоянного наблюдения. Особенно сильное техногенное давление испытывают почвы в районах расположения крупных промышленных предприятий, больших городов, транспортных артерий.

Нередким стало образование техногенных пустынь на территориях, непосредственно примыкающих к промышленным зонам различных предприятий, особенно химической и металлургической промышленности. В ближайшей к предприятию зоне содержание тяжелых металлов часто значительно превышает ПДК; вследствие суммарного воздействия кислотных дождей и выпадений тяжелых металлов гибнет растительность, поверхность

почвы обнажается; незащищенная растительным покровом почва подвергается усиленной эрозии и дефляции, почвенный покров разрушается практически необратимо, и его восстановление требует уже очень крупных материальных и трудовых затрат.

Тяжелые металлы и геохимические особенности их поведении в почвах. К тяжелым металлам относят более 40 химических элементов периодической системы Д. И. Менделеева, масса атомов которых составляет свыше 50 атомных единиц массы (а. е. м.). Это Pb, Zn, Cd, Hg, Cu, Mo, Mn, Ni, Sn, Co и др. Сложившееся понятие «тяжелые металлы» не является строгим, т.к. к ТМ часто относят элементы-неметаллы, например As, Se, а иногда даже F, Be и другие элементы, атомная масса которых меньше 50 а.е.м. Среди тяжелых металлов много микроэлементов, являющихся необходимыми и незаменимыми компонентами биокатализаторов и биорегуляторов важнейших физиологических процессов. Однако избыточное содержание тяжелых металлов в различных объектах биосферы оказывает угнетающее и даже токсическое действие на живые организмы. Источники поступления тяжелых металлов в почву делятся на природные (выветривание горных пород и минералов, эрозионные процессы, вулканическая деятельность) и техногенные (добыча и переработка полезных ископаемых, сжигание топлива, влияние автотранспорта, сельского хозяйства и т.д.).

На поверхность почвы тяжелые металлы поступают в различных формах. Это оксиды и различные соли металлов, как растворимые, так и практически нерастворимые в воде. Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами зависят от параметров загрязнения, геохимической обстановки и устойчивости почв. К параметрам загрязнения относятся природа металла, т.е. его химические и токсические свойства, содержание металла в почве, форма химического соединения, срок от момента загрязнения и т.д. Устойчивость почв к загрязнению зависит от гранулометрического состава, содержания органического вещества, кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных условий, активности микробиологических и биохимических процессов и т.д.

Устойчивость живых организмов, прежде всего растений, к повышенным концентрациям тяжелых металлов и их способность накапливать высокие концентрации металлов могут представлять большую опасность для здоровья людей, поскольку допускают

проникновение загрязняющих веществ в пищевые цепи. При нормировании содержания тяжелых металлов в почве должна учитываться полифункциональность почвы. Почва может рассматриваться как естественное природное тело, как среда обитания и субстрат для растений, животных и микроорганизмов, как объект и средство сельскохозяйственного и промышленного производства, как природный резервуар, содержащий патогенные микроорганизмы, как часть наземного биогеоценоза и биосферы в целом [85].

Почва, в отличие от других компонентов природной среды, не только геохимически аккумулирует компоненты загрязнений, но и выступает как природный буфер, контролирующий перенос химических элементов и соединений в атмосферу, гидросферу и живое вещество. Разные тяжелые металлы представляют опасность для здоровья человека в различной степени, наиболее опасными являются Hg, Cd, Pb.

Очень сложен вопрос нормирования содержания тяжелых металлов в почве. В основе его решения должно лежать признание полифункциональности почвы. В процессе нормирования почва может рассматриваться с различных позиций: как естественное природное тело, как среда обитания и субстрат для растений, животных и микроорганизмов, как объект и средство сельскохозяйственного и промышленного производства, как природный резервуар, содержащий патогенные микроорганизмы. Нормирование содержания тяжелых металлов в почве необходимо проводить на основе почвенно-экологических принципов, которые отрицают возможность нахождения единых значений для всех почв.

При характеристике почв очень трудно использовать широко применяемые при оценке воды, воздуха, продуктов питания и кормов понятия, например, ПДК тех или иных загрязняющих веществ. В числе главных причин – многообразие форм соединений любых элементов и веществ в почвах, от которых зависит доступность этих компонентов растениям и, следовательно, их возможный токсический эффект. Поэтому при разработке принципов и организации почвенно-химического мониторинга лучше учитывать состав почвы, все ее составляющие, обладающие высокой сорбционной способностью, влияние условий на подвижность и доступность химических веществ растениям. Наиболее значительное влияние оказывает кислотность и

щелочность почв, окислительно-восстановительный режим, содержание гумуса, легкорастворимые соли.

Распределение тяжелых металлов по поверхности почвы определяется многими факторами. Оно зависит от особенностей источников загрязнения, метеорологических особенностей региона, геохимических факторов и ландшафтной обстановки в целом.

Неравномерность техногенного распространения металлов усугубляется неоднородностью геохимической обстановки в природных ландшафтах. В связи с этим, для прогнозирования возможного загрязнения продуктами техногенеза и предотвращения нежелательных последствий деятельности человека необходимо понимание законов геохимии, законов миграции химических элементов в различных природных ландшафтах или геохимической обстановке.

Тяжелые металлы и их соединения попадая в почву претерпевают ряд превращений, рассеиваются или накапливаются в зависимости от характера геохимических барьеров, свойственных данной территории. До тех пор, пока тяжелые металлы прочно связаны с составными частями почвы и труднодоступны, их отрицательное влияние на почву и окружающую среду будет незначительным. Однако, если почвенные условия позволяют перейти тяжелым металлам в почвенный раствор, появляется прямая опасность загрязнения почв, возникает вероятность проникновения их в растения, а также в организм человека и животных, потребляющие эти растения.

Опасность загрязнения почв и растений зависит: от форм химических соединений в почве; присутствия элементов противодействующих влиянию тяжелых металлов и веществ, образующих с ними комплексные соединения; от процессов адсорбции и десорбции; количества доступных форм этих металлов в почве и почвенно-климатических условий. Следовательно, отрицательное влияние тяжелых металлов зависит, по существу, от их подвижности, т.е. растворимости.

Почвы с высокой адсорбционной способностью соответственно и высоким содержанием глин, а также органического вещества могут удерживать эти элементы, особенно в верхних горизонтах. Это характерно для карбонатных почв и почв с нейтральной реакцией. В этих почвах количество токсических соединений, которые могут быть вымыты в грунтовые воды и

поглощены растениями, значительно меньше, чем в песчаных кислых почвах. Однако при этом существует большой риск в увеличении концентрации элементов до токсичной, что вызывает нарушение равновесия физических, химических и биологических процессов в почве. Тяжелые металлы, удерживаемые органической и коллоидной частями почвы, значительно ограничивают биологическую деятельность, ингибируют процессы иттрификации, которые имеют важное значение для плодородия почв.

По вопросу рекультивации почв, загрязненных тяжелыми металлами, существует два основных подхода. Первый направлен на очищение почвы от тяжелых металлов. Очищение может производиться путем промывок, путем извлечения тяжелых металлов из почвы с помощью растений, путем удаления верхнего загрязненного слоя почвы и т.п. Второй подход основан на закреплении тяжелых металлов в почве, переводе их в нерастворимые в воде и недоступные живым организмам формы. Для этого предлагается внесение в почву органического вещества, фосфорных минеральных удобрений, ионообменных смол, природных цеолитов, бурого угля, известкование почвы и т.д. Однако любой способ закрепления тяжелых металлов в почве имеет свой срок действия. Рано или поздно часть тяжелых металлов снова начнет поступать в почвенный раствор, а оттуда в живые организмы.

Полевые исследования в районе хвостохранилища медно-обогащительной фабрики (МОФ) АГМК включали в себя эколого-геохимическое картирование территории с опробованием почв и сухой части поверхности хвостохранилища. Почвенные пробы отобраны по 16 профилям, ориентированным в крест простирающейся предполагаемой техногенной аномалии (16 км x 11 км = 13,5 км²) (рис. 2.4.1). Сеть опробования составляла 1000 x 1000 м., пробы отбирались с поверхности почвенного покрова (0-20 см). Здесь необходимо отметить, что в условиях аридного климата основная часть тяжелых металлов аккумулируется в приповерхностном слое почв (гумусового горизонта), который и подвергается атмосферным выпадениям газопылевых частиц. Для изучения проникновения загрязнения на глубину проходились шурфы глубиной до 1 м с погоризонтным опробованием с интервалом 0,2 м.

Лабораторные исследования проводились в Институте геологии и геофизики АН РУз и в Майнском Университете (Германия). В общей сложности было проанализировано более 300

почвенных проб. Для определения концентраций химических элементов в пробах почв и сухой части хвостохранилища использовался рентгено - флюоресцентный спектрометр. После высушивания, просеивания через сито 2 мм и тонкого помола образцы анализировались на валовое содержание химических элементов по способу фундаментальных параметров методом рентгенофлюоресцентного анализа на приборе XRF Siemens SRS-303 (Germany). Предварительное истирание проб и подготовка таблеток из проб проводилось по специальной методики, разработанной для рентгенофлюоресцентного анализа. В пробах почв и сухой части хвостохранилища определялись содержания 25 химических элементов: Cu, Zn, Pb, Cr, V, Sc, Co, Ni, Ga, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, Th, U, Cd, Mo, W, As, Ag, Sb, Bi, Sn.

Изучение форм нахождения микроэлементов в почвах и в шламе хвостохранилища проводилось методом последовательной экстракции, методами рентгенофазового, минералогического и микронзондового анализов. В отдельных пробах почв и хвостов для детального сравнения содержаний микроэлементов между аномалиями использовался атомно адсорбционный спектральный анализ ААС. Обработка и количественная интерпретация геохимических данных осуществлялась с помощью программного пакета "MiniTab", моноэлементные геохимические карты построились с помощью компьютерной программы "Surfer".

Методика определения геохимического фона и геохимических аномалий. Эколого-геохимические исследования были основаны на изучении распределения и распространения тяжелых металлов в поверхностном слое почв. Они состоялись из определения геохимического фона, выявления геохимических аномалий и сравнения их с фоновыми (Сф) и с предельно допустимыми концентрациями (ПДК).

Определение геохимического фона, т.е. среднего содержания элементов, основано на статистическом анализе выборочного опробования. Существует два способа определения геохимического фона. Первый заключается в анализе эталонных выборок, которые характеризуют однородные фоновые площади. Он применяется в районах, не подверженных загрязнению. Его также используют в условиях незначительного техногенного воздействия, где можно найти площади с похожими, но не загрязнёнными ландшафтами.

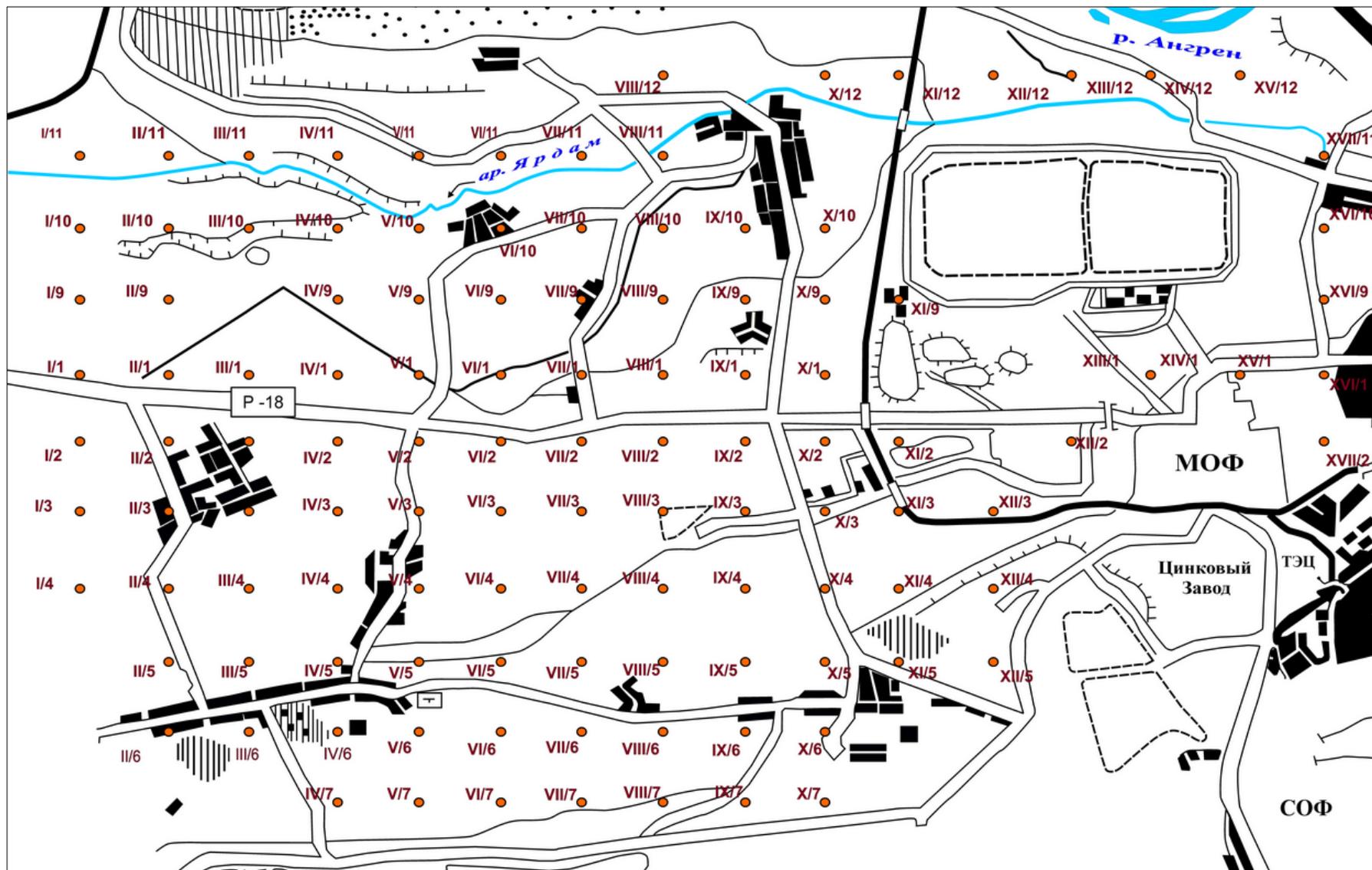


Рисунок 2.4.1 - Схема опробования почвенных проб по сетке 1×1 км.

Во втором способе анализируются смешанные выборки, которые характеризуют неоднородное геохимическое поле. Он применяется в местах интенсивного развития производства. Здесь в качестве эталонных можно выбрать участки слабого загрязнения, расположенные в периферийной части. Если таких участков нет, например в промышленном городе, то за фон условно берут средний уровень загрязнения.

Геохимические аномалии характеризуются повышенными, по сравнению с фоновыми, концентрациями тяжелых металлов.

В районе месторождений геохимические аномалии образуют первичные ореолы в горных породах, вторичные ореолы в почвах и рыхлых отложениях, потоки рассеяния в поверхностных водах и донных отложениях, ореолы рассеяния в подземных водах, биогеохимические ореолы. Помимо природных существуют геохимические аномалии, связанные с отвалами шахт, карьеров, отстойников, свалок и т.д. (в почвах, рыхлых и донных отложениях, в грунтовых водах и растительности).

Изучение геохимических аномалий позволяет выделить площадь загрязнения, проследить потоки рассеяния химических элементов, пути их миграции. Для определения аномалий рассчитывается коэффициент концентрации K_C :

$$K_C = \frac{C}{C_{\phi}}$$

где C – содержание химического элемента в оцениваемом объекте, мг/кг; C_{ϕ} – фоновое содержание этого элемента, мг/кг.

Для биогеохимических аномалий вычисляется коэффициент биологического поглощения КБП.

При обработке полученных геохимических данных производилось определение параметров фона (C_{ϕ} - фоновые концентрации и ϕ - стандартный множитель), минимально-аномальных концентраций ($C_{\text{мин.ан.}}$), средних содержаний в контуре аномалий ($C_{\text{ан.ср.}}$), коэффициентов концентрации (K_C) химических элементов. Доля подвижных форм металлов от их валовых концентраций определялась по формуле: доля П.ф.% = $(C_I / C_{II}) * 100\%$, где C_I - содержание химического элемента в почвенной вытяжке, C_{II} - валовое содержание химического элемента в почве.

Для характеристики загрязнения почв с тяжелыми металлами использовались отношения содержаний химических элементов к

ПДК, к К кларк и Сф -фоновых содержаний этих металлов. Количественная оценка степени техногенного загрязнения почв проводилась по методам интерпретации геохимических аномалий, разработанных в прогнозно-поисковой геохимии [86].

Техногенные аномалии тяжелых металлов в почвах района.

По данным эколого-геохимических исследований 1992 - 1999 гг. [79, 87], и наших новых исследований 2009 - 2010 гг. [88] в районе предприятий и хвостохранилищ АГМК в почвах выявлена комплексная аномалия тяжелых металлов техногенного происхождения. Пространственная структура аномалии определяется морфологией долины р. Ахангаран и имеет протяженность до 8 км при ширине 10 - 11 км. Для выявленных ореолов характерна комплексность состава, отсутствие продольно-поперечной зональности, совпадение центров с максимальными содержаниями рудных элементов и пространственная близость к источникам загрязнения, что, в целом, свидетельствует об их техногенном происхождении. Фоновые и минимально аномальные значения содержаний тяжелых металлов при исследовании техногенного загрязнения почв были приняты на основе работ на геохимически чистых территориях в сходных ландшафтах в верховьях р. Ахангаран.

По результатам рентгенофлуоресцентного спектрального анализа почв района хвостохранилища МОФ АГМК выявлено наличие высоких концентраций свинца, цинка, меди и серебра, обнаружены единичные пробы с аномальными содержаниями кадмия, олова, висмута, ртути и мышьяка, превышающими минимально аномальные концентрации для почв. Наиболее высокие содержания, как в среднем по ореолам (C_{cp}), так и максимальные (C_{max}), характерны для свинца, цинка и меди.

В результате геохимической съемки почв района было установлено, что четко выраженные аномалии, связанные с выбросами и отходами предприятий АГМК, образуют свинец, цинк и медь. Аномалии высоких концентраций урана, бария, кобальта, хрома, стронция и ванадия тоже совпадают с предприятиями АГМК. В результате анализа моноэлементных карт масштаба 1:20000 выделены два основных участка загрязнения почв, объединенных в плане по долине р. Ахангаран. В целом, аномалии цинка, свинца и меди на обоих участках более контрастны: при общем увеличении

площади аномалий с превышением над фоном в 10-20 раз. Аномалии в почвах характеризуются комплексностью состава: основной вклад в загрязнение помимо Zn, Cu и Pb вносят: Cd, As, Bi, Mo, W, Sn, Sb, Co, Cr, U, Th, Ba, Sr, V. Общая площадь аномалий с большей предельно допустимой концентрацией этих металлов (>2-29) составляет более 10 км². Максимальные значения коэффициента концентрации для Zn, Cu и Pb составляют 49, 57 и 36 соответственно свидетельствует очень высокой загрязненности поверхностного слоя почв с этими металлами.

Максимальные содержание цинка (4895 мг/кг), меди (3137 мг/кг) и свинца (1095 мг/кг) отмечены в непосредственной близости (0,1-2,0 км) от обогатительных фабрик, металлургических заводов и хвостохранилищ АГМК. В северо-западной части вблизи объединенного хвостохранилища АГМК выявлены аномалии этих же элементов с интенсивностью 250-500 мг/кг. Аналогичные аномалии с меньшим содержанием выявлены для мышьяка (900 мг/кг), кадмия (300 мг/кг) и урана (7 мг/кг). Аномалии этих элементов непосредственно связаны с предприятиями АГМК и АХЗ и резко уменьшаются по удалении от источников загрязнения. Распределение хрома, бария, урана и стронция на изучаемой площади (рис. 2.4.3-2.4.5), в целом, почти схожа с распределением меди, свинца и цинка (рис. 2.4.2-2.4.3), аномалии с малой интенсивностью этих металлов охватывает большие территории. Это объясняется годичным, сезонным и суточным режимом ветров и геоморфологическими условиями района. На расстоянии более 20км от комбината аномальные содержания всех выше перечисленных металлов переходят в фоновые (рис. 2.4.2 - 2.4.5).

Анализ аномалий тяжелых металлов в исследуемом участке показал, что вся исследуемая площадь подверглась техногенному загрязнению свинцом, цинком, кадмием, медью и другими металлами, причем наибольшие их содержания приурочены к местам размещения предприятий АГМК, горнорудных отвалов, участкам транспортировки сырья и к хвостохранилищам.

Аномалии меди, свинца, цинка, мышьяка и кадмия (на 15-20 км) простираются дальше на запад. Это связано с тем, что эти элементы поступают в среду не только из отвалов и др., но и в основном из атмосферных аэрозолей в процессе обжига сульфидных руд. Их максимальные содержания приурочены непосредственно к территориям металлургических заводов, а также к местам отвалов

рудных месторождений и хвостохранилищ обогатительных фабрик. Характерным для аномалий Pb, Zn, Cd, As и других элементов-токсикантов является то, что они, в основном, приурочены к равнинной части территории [109, 110]. В природных геохимических процессах кадмий ассоциирует в основном с цинком и закисным железом, так как рН осаждения гидроксидов этих элементов и их произведения растворимости очень близки. Повышенные количества изоморфных примесей кадмия наиболее часто отмечаются в сфалерите, поэтому аномальные количества кадмия часто встречаются в почвах, водах и растительности окрестностей цинкового завода [79, 87].

При обогащении руды и извлечении полезных компонентов образуются газопылевые выбросы, обогащенные токсичными элементами, в зонах влияния которых создаются интенсивные техногенные геохимические аномалии. Они по внутреннему зональному строению, в первом приближении, аналогичны геохимическим аномалиям, связанным с природными рудными объектами (рис. 2.4.2-2.4.5). По степени рассеяния, определяющейся площадью распространения, выстраивается также стандартный ряд концентрации и зональности, который устанавливается для первичных геохимических ореолов сульфидных месторождений: Zn – Cu – Pb – Ba – As – Cd – Cr – Co – Mo – Ni – Sn – Sb – W – Th – U (табл. 2.4.1).

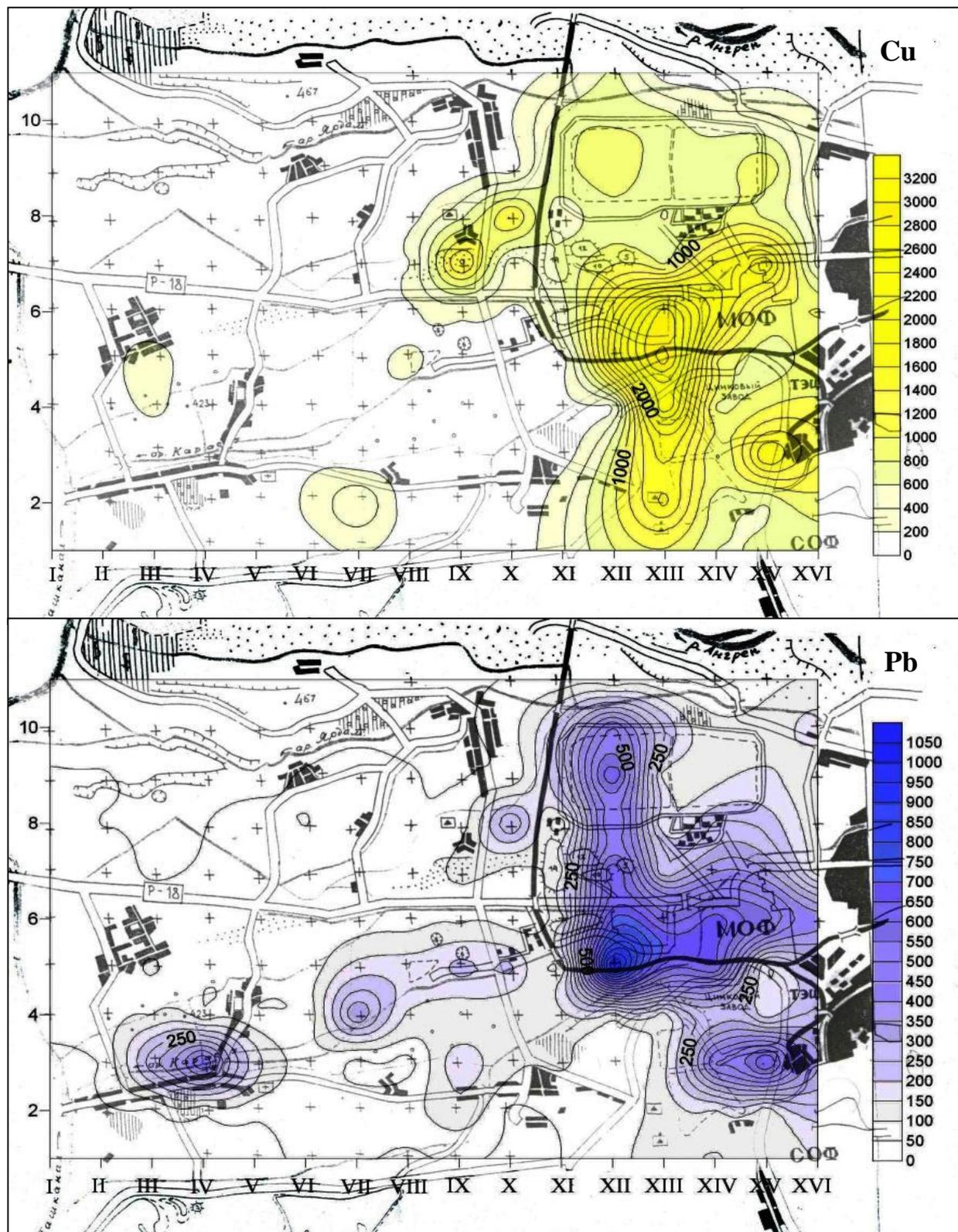


Рисунок 2.4.2 - Техногенные геохимические аномалии Cu и Pb в поверхностном слое почв Алмалыкского горнопромышленного района.

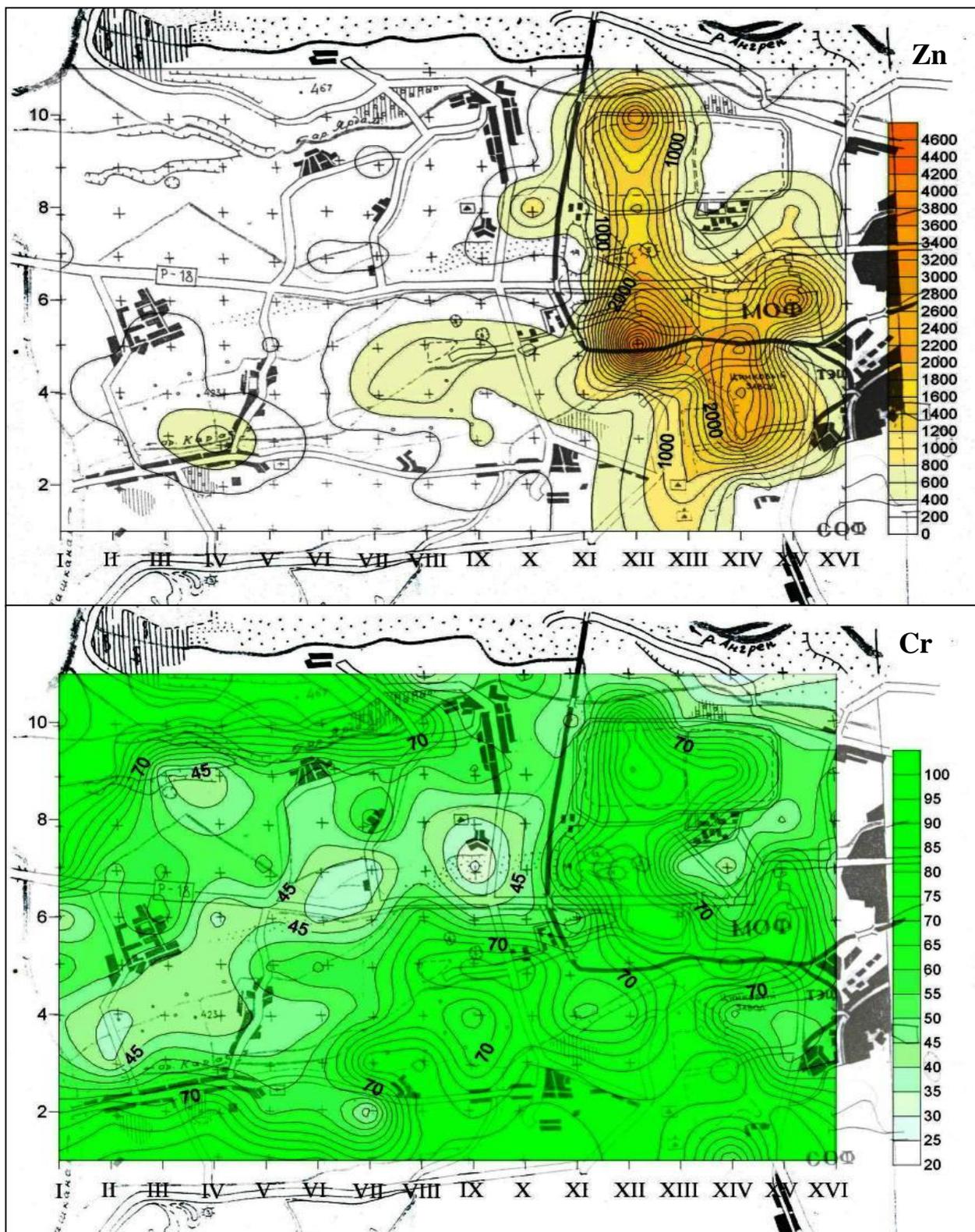


Рисунок 2.4.3 - Техногенные геохимические аномалии Zn и Cr в поверхностном слое почв Алмалыкского горнопромышленного района.

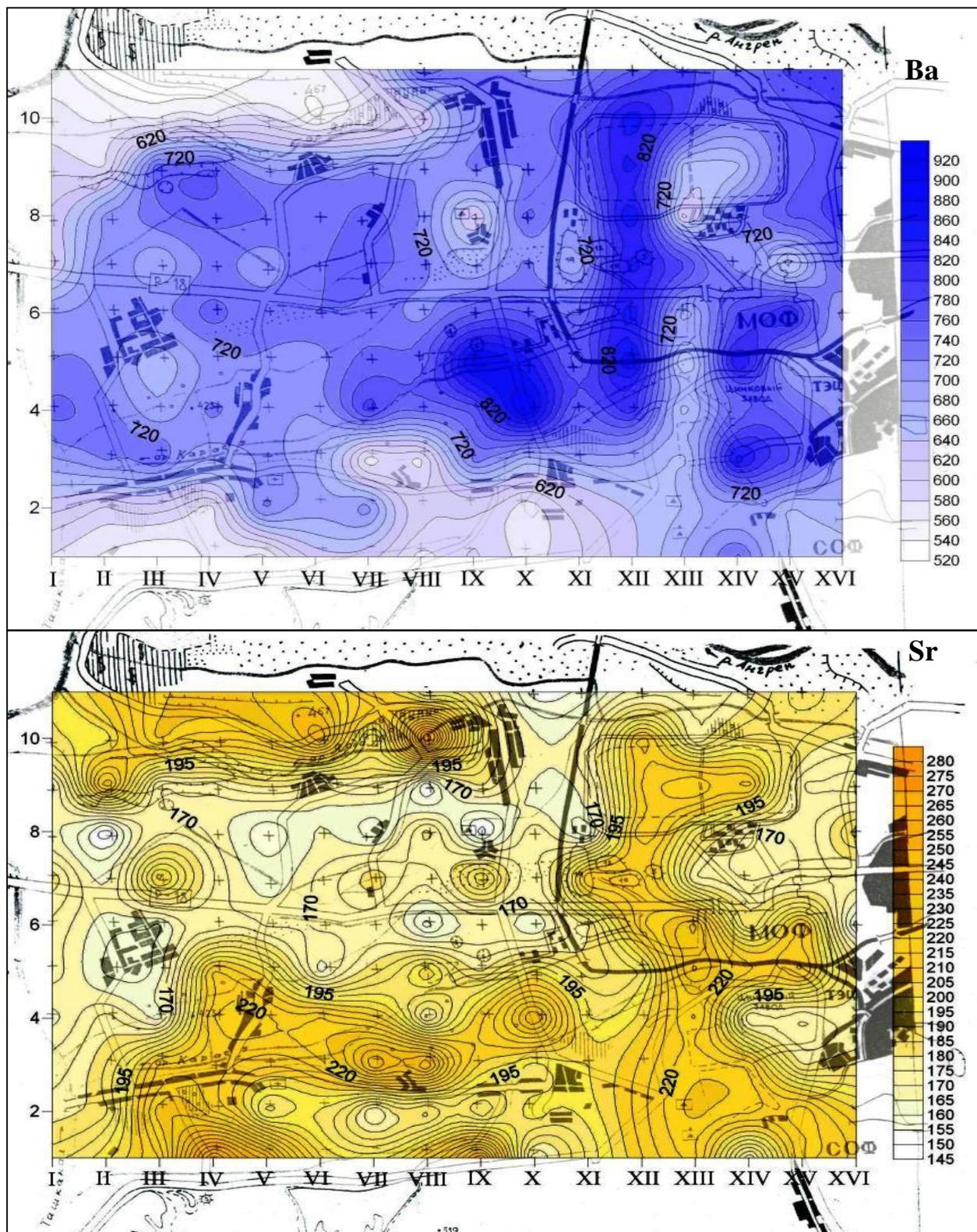


Рисунок 2.4.4 - Техногенные геохимические аномалии Ba и Sr в поверхностном слое почв Алмалыкского горнопромышленного района.

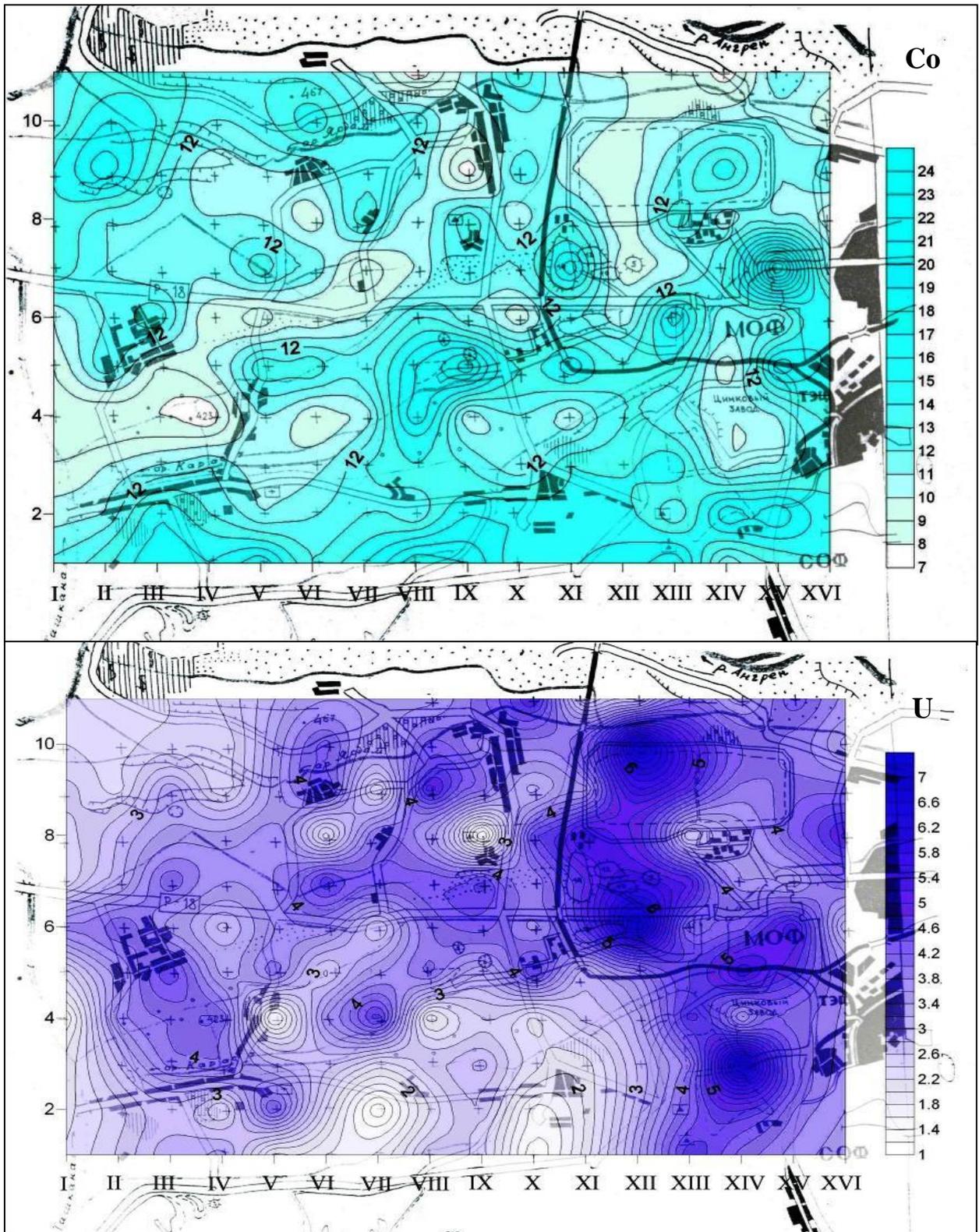


Рисунок 2.4.5 - Техногенные геохимические аномалии Co и U в поверхностном слое почв Алмалыкского горнопромышленного района.

Таблица 2.4.1

Распределение содержаний тяжелых металлов по почвенным горизонтам в районе хвостохранилище МОФ АГМК.

Почвенный горизонт (в см)	Содержание, мг/кг				
	Pb	Zn	Cu	Cd	As
0 - 10	973	2064	1800	150	100
10 - 25	96	180	120	30	20
25 - 65	8	86	30	10	1
65 - 125	6	80	15	8	1

Выявленные в пределах АГМК конфигурации техногенных ореолов рассеяния в почвах отличаются широким набором тяжелых металлов. Известно, что металлургические комбинаты выбрасывают в атмосферу большое количество CO, SO₂ и значительные количества тех металлов, которые участвуют в производственном цикле. Об объеме поступления техногенного вещества в природу можно судить по планируемым потерям, которые на металлургических заводах составляют около 5% годовой продукции. Металлургические предприятия в мире ежегодно выбрасывают на поверхность земли более 150 тыс. тонн меди, 120 тыс. тонн цинка, около 90 тыс. тонн свинца, 12 тыс. тонн никеля, 1,5 тыс. тонн молибдена, около 800 тонн кобальта и около 30 тонн ртути. На 1 грамм черновой меди отходы медеплавильной промышленности содержат 2,09 тонн пыли, в составе которой содержится до 15% меди, 60 % окиси железа и по 4 % мышьяка, ртути, цинка и свинца [77, 88].

Результаты изучения содержаний техногенных элементов в почвах, взятых с четвертого профиля, по направлению автодороги Алмалык-Пскент пересекающего русло р. Ахангаран, показали, что по мере удаленности от предприятий АГМК, содержание элементов-токсикантов в почвах постепенно падает. Самые высокие содержания тяжелых металлов-токсикантов в почвах установлены вблизи территории металлургического комбината (табл. 2.4.2).

Таблица 2.4.2

Содержание тяжелых металлов в поверхностном слое почв в районе.

Элемент	ПДК	Кларк почв мира* (К)	Фооновое (n=320) (Сф)	Содержание			Коэф. концентрации		
				минимальное	Среднеарифметическое (n-320) (Сср)	Максимальное (С _{max})	Отношение к ПДК (С _{max} /ПДК) (Сср/ПДК)	Отношение к Кларку (С _{max} /К) (Сср/К)	Отношение к фону (С _{max} /Сф) (Сср/Сф)
Zn	100	50	224	59	530	4895	49 (5,3)	98(10,6)	21,9(2,3)
Cu	55	20	127	18	427	3137	57 (7,7)	157(21)	24,7(3,4)
Pb	30	10	83	23	157	1095	36 (5,2)	109(16)	13,3(1,9)
V	150	100	90	70	92	149	1(0,6)	1,5(0,9)	1,7(1)
Cr	90	70	60	24	64	96	1,1(0,7)	1,2(0,8)	1,6(1,1)
Ni	85	40	28	8	29	45	0,5(0,3)	1,1(0,7)	1,6(1)
Co	12	8	12	7	12	25	2(1)	3,1(1,5)	2,1(1)
Ba	-	500	718	536	706	909	-	1,8(1,4)	1,3(1)
Sr	-	300	184	145	193	402	-	1,3(0,6)	2,2(1)
Zr	-	300	196	87	197	321	-	1,1(0,7)	1,6(1)
Rb	-	60	139	82	130	178	-	3(2,2)	1,3(0,9)
Y	-	50	27	19	27	33	-	0,7(0,5)	1,2(1)
Sc	-	10	13	7	13	24	-	2(1)	2(1)
Th	-	6	14	7	15	23	-	3,8(2,5)	1,6(1,1)
Nb	-	10	15	8	15	20	-	2(1,5)	1,3(1)
Ga	-	30	15	3	15	18	-	0,6(0,5)	1,2(1)
U	-	1	4	1	4	7	-	7(4)	1,8(1)
Cd	1	0,35	1	10	45	300	45	-	300
As	2	6	7	30	240	900	48	450(48)	200
Sb	4,5	1	5	15	50	150	10	150(50)	30
Bi	-	-	0,1	1	10	20	100	-	200
W	-	-	2	4	8	20	4	-	10
Sn	-	10	3,5	8	30	200	8	20(3)	60
Mo	4	3	1,5	5	14	100	9	33(5)	65

Примечание- *Кларки тяжелых металлов в почвах мира по Виноградову (1957) [40].

Изучение распределения валовых содержаний основных рудных элементов района по вертикальному разрезу почвенных профилей показало стабильное, иногда достаточно резкое, падение абсолютных содержаний Pb, Cu, Zn, Cd и As с глубиной, что подтверждает техногенную природу выявленных аномалий (табл. 2.4.1). Максимальные концентрации тяжелых металлов приурочены к верхним горизонтам почвенного разреза. Отсутствие корреляции между содержаниями тяжелых металлов и органического углерода (рис. 2.4.6) так же позволяет говорить, что высокие содержания тяжелых металлов в верхнем горизонте почв связаны не с аккумуляцией гумуса, а с техногенным воздействием.

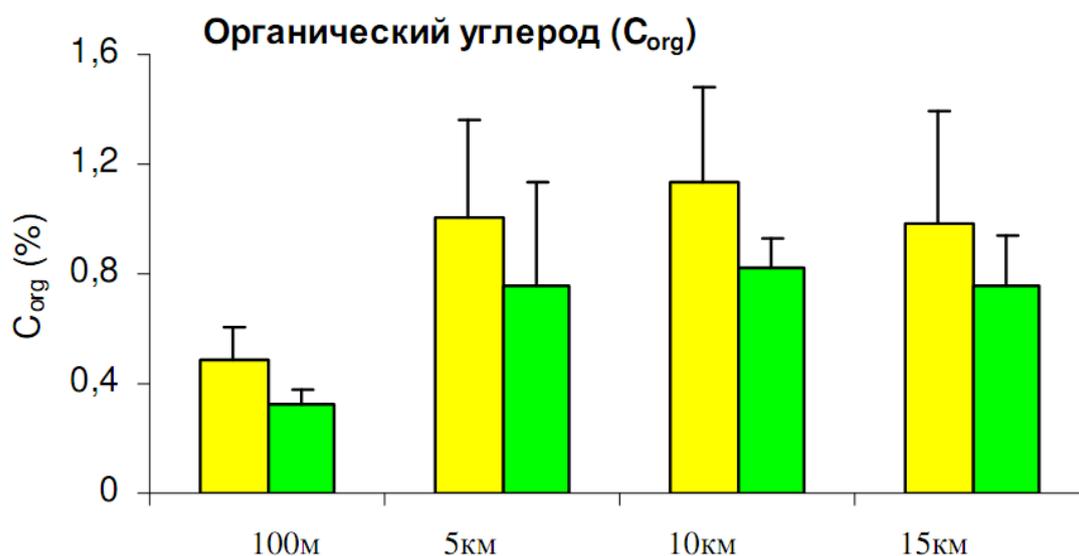


Рисунок 2.4.6 - Концентрация органического углерода по удалении от промпредприятий АГМК

В различных участках промышленного района, отличающихся по рельефу и условиям загрязнения, была изучена вертикальная миграция техногенных элементов по почвенному разрезу. Валовый химический состав сероземов, не подвергшихся техногенному загрязнению, отличается неравномерным распределением по генетическим горизонтам окислов кремнезема, глинозема, железа, кальция, магния, титана и др. Характер распределения тяжелых металлов по почвенному профилю принципиально одинаков. Повышенные концентрации их отмечаются в верхнем горизонте.

Изучение содержаний тяжелых металлов в вертикальном разрезе почвенного профиля показало не только тенденцию падения абсолютных содержаний с глубиной, но и в целом уменьшение доли аномальных содержаний в нижней части профиля. Этот факт распространяется не только на валовые концентрации, но и на подвижные формы. Наибольшее проникновение загрязнения на глубину отмечено для шурфов в районе хвостохранилище МОФ: 86 мг/кг по цинку, 30 мг/кг по меди и 12 мг/кг по кадмию на глубине 0,65 м.

Химические формы тяжелых металлов изучены методом «последовательной экстракции». По этой методике берется 1 гр. сухой просеянной навески (в поликарбонатной пробирке). Из этой массы во фракции извлекаются тяжелые металлы по схеме последовательной экстракции. По полученным данным можно судить о содержании тяжелых металлов в различных формах (рис. 2.4.7). Большая доля концентрации цинка и свинца связаны с оксидами и гидроксидами железа и марганца и сульфидами и составляет 56,4 % и 53 %. Значительно большая доля меди (в формах нахождения в почвах, в отличие от цинка (16,6 %), свинца (10,2 %) и кадмия (13,9 %) – 60,4 % связана с органическим веществом, оставшиеся 39,6 % связаны с оксидами и гидроксидами железа и марганца и сульфидами. Доля легкообменной формы для цинка, свинца, меди и хрома составляет менее 1 %, для никеля - 1,2 %, для кадмия – 3 %. Самая высокая доля тяжелых металлов связанной с карбонатами выявлена для кадмия - 38,7 %, для свинца – 22,8 %, для цинка 18%, для меди – 13,2 %. Хром и никель показали очень малые показатели для карбонатной фракции – Cr (1 %), Ni (7,1 %).

Полученные данные по формам нахождения металлов отражают отличия в поведении металлов, обусловленные в том числе различными источниками поступления, что выражается большей степенью извлечения никеля и хрома: с нерастворимыми силикатами или труднорастворимыми первичными минералами связано 53,6 % цинка и 33,2 % хрома.

Таким образом, вышеизложенное позволяет сделать следующие выводы: 1). Распределение вредных элементов, в частности, свинца, цинка, меди, мышьяка и кадмия по площади исследуемого района имеет типично техногенный характер. 2). Наблюдается строгая приуроченность ореолов аномалии этих

элементов к конкретным техногенным объектам, а также стабильное убывание загрязнения с глубиной.

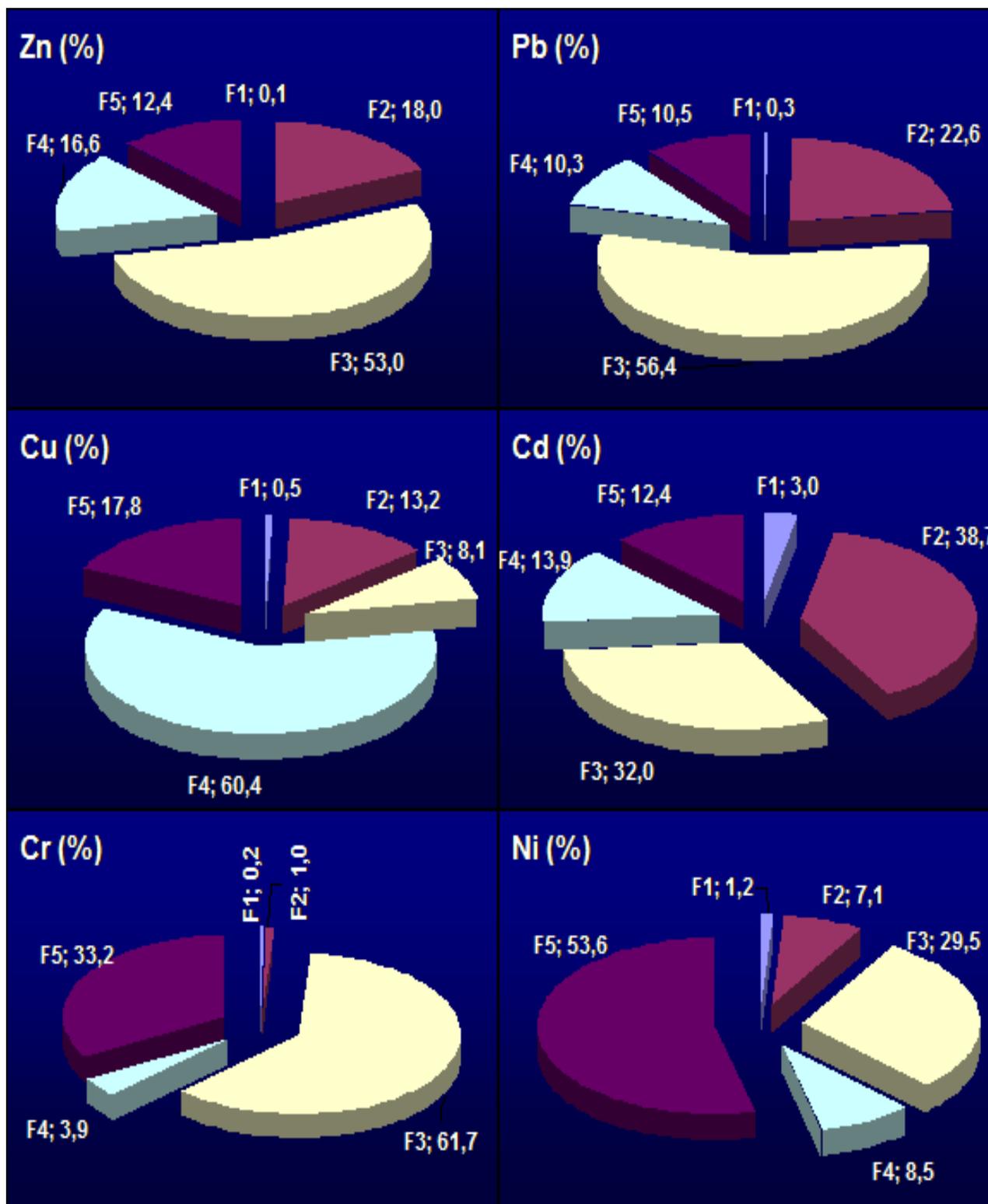


Рисунок 2.4.7 - Распределение тяжелых металлов по формам нахождения в почвах. Химические фракции: F_1 – легкообменная, F_2 – связанная с карбонатами, F_3 – связанная с оксидами Fe и Mn, F_4 – связанная с органикой, F_5 – литогенная (труднорастворимая).

2.5. Распределение тяжелых металлов и их подвижных форм в хвостохранилищах Чадакской ЗИФ и в почвах Чадакского рудного района

Чадакская золотоизвлекательная фабрика функционирует в основном на базе двух месторождений Чадакского рудного поля. Добыча ведется подземным и открытым методом. В результате разработки руд здесь было образовано 2 хвостохранилища. Хвостохранилище №1 рекультивировано и покрыто слоем почвы в 15-20 см. Поселок Алтынкан находится в 100 метрах ниже хвостохранилища. Хвостохранилище №2 – действующее. В Чадаке, местные жители в условиях дефицита плодородных участков, используют каждый отрезок земли для растениеводства. Было установлено, что почва, используемая жителями, загрязнена мышьяком, свинцом и сурьмой, а также цинком, бериллием, хромом, висмутом, торием, аммонием, нитратами и нитритами.

В экономическом отношении площадь Чадакского рудного поля тяготеет к Ферганской долине. Ближайшими населенными пунктами к месторождению являются поселок Алтынкан, кишлак Чадак - 8 км к югу, кишлак Гулистан - 4 км к северу. Расстояние до Коканда и Папа – 60 км, Ангрена - 110 км, Алмалыка - 170 км. Район исследования располагает достаточной инфраструктурой - автомобильные дороги, линия электропередач, питьевое и техническое водоснабжение. Основными источниками трудовых резервов предприятий являются кишлаки Чадак, Гулистан, Ханабад, поселок Алтынкан с общим населением 29 тыс. чел. Район исследования представлен гористой местностью с сильно пересеченным рельефом с относительными превышениями от 100 до 500 м. Абсолютные отметки района в пределах 1000 - 1500 м над уровнем моря.

Чадакский рудный район известен был издревле. С глубокой древности вплоть до XII веков здесь велись горнодобычные работы, следы которых - древние выработки и шлиховые поля - сохранились на участках Дуган, Акташ, Джулай, «Левобережный», в низовьях кишлака Чадак.

В Чадаке в древности добывали золото из россыпей и серебро, содержание последнего в отвалах древних выработок достигает до 9 кг/т. Рудное золото в кварцевых жилах из-за его тонкодисперсного состояния не смогли добывать.

Первые сведения о геологическом строении района относятся к концу XIX века в работах Северцева Н.А., Мушкетова И.В., Романовского Г.Д. и Машковцева С.Ф. Системное изучение всего Карамазара и Чадакского района, в частности, началось в 30-е гг. прошлого века геологической съемкой масштаба 1:500000 и в послевоенные годы - крупномасштабными работами. Были выделены перспективные площади на медь, флюорит, свинец, олово, серебро, вольфрам. С 1949 г. на площади бассейнов рек Ризак, Чадак, Чаркасар и Гава работала крупная, по тем временам, поисковая партия Узгеолуправления, возглавляемая геологами Луниной Л.Г. и Ляшкевичем Д.П. Планомерные и детальные поисковые работы привели к открытию новых крупных проявлений полиметаллов, флюорита, редких элементов, серебра. В 1951 г., при картировании площади Пирмирабского месторождения, которая считалась перспективной на полиметаллы, были обнаружены кварцевые жилы ба и б-7. Спектральным анализом проб из этих жил было установлено наличие в них золота и серебра в тысячных и десятых долях процента. В 1953 г. было уделено внимание изучению золотоносности, кварцевых жил ба и б-7. С этой целью жилы с поверхности на протяжении 600 м были разведаны канавами, и на глубину до 10 м было пройдено два шурфа с рассечками. Результаты отобранных проб показали наличие в жилах ба и б-7 промышленные концентрации золота, что позволило ориентировочно оценить перспективы Пирмирабского месторождения и рекомендовать его под предварительную разведку. И это считается открытием месторождения. В 1954 г. месторождение было передано тресту «Средаззолоторазведка», который приступил к его предварительной разведке и поисково-ревизионным работам в районе. В ходе этих работ была установлена перспективность жилы ба на глубину, выявлены золотоносные апофизы жилы ба, золоторудные месторождения Гузаксай и Джулайсай II, впервые подсчитаны запасы категории С1. В 1955 г. трестом «Средазцветметразведка» была создана группа партий для продолжения разведочных работ на месторождении Пирмираб и поисковых работ в районе. Это период деятельности связан с именами геологов: Потапов Ю.С., Потапова Е.В., Севашев В.И., Тимофеев Е.П., Байбеков Ф.С., Крылов Н.И., Аверин Ю.А. В 1957 г. в связи с реорганизацией геологической службы создана Чадакская геологоразведочная экспедиция в составе Узбекского геологического управления, которая вела планомерное

изучение в пределах рудного поля. Геологами Чадакской ГРЭ Мартыновым В.В., Александровым В.И., Авериним Ю.А., Соловьевым Н.И., Абдурахмановым А.А., Бузруковым А.Б. продолжалась разведка указанных выше месторождений на глубину, изучались перспективы площади Чадакского рудного поля, проводились минералогические, петрографические и структурные исследования, велся прирост разведанных запасов.

Чадакское рудоуправление построено и пущено в эксплуатацию в 1970 г. с сырьевыми ресурсами, составляющими 12 лет, на базе первых золоторудных месторождений республики - Пирмираб и Гузаксай [89]. Рудник, осваивая золоторудные месторождения, имел большой успех в производственной деятельности, производительность труда была наиболее высокой среди предприятий золоторудной промышленности не только республики, но и в бывшем Союзе. На руднике впервые была внедрена механизированная отработка крутопадающих рудных тел комплексом КОВ-25.

Рудное поле локализовано в пределах вулканно-купольного поднятия в приразломном прогибе, обрамляющем Камчикскую мульду. Многофазный верхнекаменноугольный вулканизм, сочетание вулканических и тектонических структур создали довольно сложную структуру, в которой уверенно выделяется Чадакский лакколит с размещенным в нем месторождением Пирмираб и обрамляющий его с запада Гузаксайский грабен, вмещающий месторождение Гузаксай. Промышленное оруденение представляет собой кварц-золоторудный промышленный тип. Руды малосульфидные, попутные компоненты - серебро, очень мало вольфрама, возможно небольшая платиноносность. Оба месторождения жильного типа. По масштабам это среднее месторождение.

В последние годы Чадакское рудоуправление испытывает большие трудности из-за малой обеспеченности минерально-сырьевыми ресурсами. В работе рудоуправления часто наблюдались перебои, и оно работало с производительностью 75-80 % от проектной мощности. В связи с реорганизацией золоторудной промышленности в 2002 году, Чадакское рудоуправление вошло в состав ОАО «Алмалыкский ГМК». Начиная с II половины 2002 года, значительно повысилась производительность рудоуправления и в 2003 году достигла 109 % к проектной мощности.

Начиная с 1998 года в результате больших стараний, возобновлены геологоразведочные работы, объем которых с каждым годом заметно увеличивается. В настоящее время в пределах рудного поля ведутся геологоразведочные работы за счет собственных средств. В результате проведенных геологоразведочных и эксплуатационных выработок в течение 2009 года на месторождении Гузаксай получен прирост балансовых запасов.

Месторождения Чадакского рудного поля Пирмираб и Гузаксай расположены на Юго-Восточном склоне Кураминского хребта на территории Папского тумана Наманганского вилоята Республики Узбекистан. В геологическом строении Чадакского рудного поля принимают участие эффузивно-осадочные образования карбона, перми, триаса представленные туфами, туфогенно-осадочными породами, лавобрекчиями, фельзит-порфирами, плагиоклазово-роговообманковыми порфиритами и другими разностями пород. Интрузивные породы представлены гранодиоритами, габбро, габбро-сиенитами, диабазовыми порфиритами и их разностями. Месторождения Пирмираб и Гузаксай расположены в 2,5 км одно от друга, по обе стороны реки Чадак.

Промышленную ценность представляет золото и серебро. Золотосеребряная минерализация локализуется в основном в жилах кварцевого, кварц-карбонатного и сложного состава, имеющих субмеридиональное, реже северо-восточное простирание. Всего на рудном поле выявлено около 130 крупных жил, которые объединены в 12 основных жильных зон, расположенных на его площади с запада на восток.

В 1954 – 1964 гг. основные участки месторождений Гузаксай (Южный) и Пирмираб (Центральный) были разведаны и запасы по ним утверждены в ГКЗ СССР. На базе этих запасов был создан Чадакский рудник (1969 г.) и построена ЗИФ (1970 г.). В эти же годы началась разработка месторождений Пирмираб - подземным способом и Гузаксай - карьером. Параллельно с эксплуатацией продолжаются и геологоразведочные работы на других участках. Месторождение Пирмираб вскрыто десятью горизонтами штолен через 40 м по вертикали. Разработка ведется подземным способом системой магазинирования руды. Месторождение Пирмираб разделено на участки Центральный, Южный Пирмираб, II-Южный

Пирмираб, Промежуточный и Восточный. Рудоуправлением в 2009 году очистные работы проводились на горизонтах VII, VIII, IX по жилам 9, 9а, 10, 16, 16а участков Промежуточный, Южный и II-Южный Пирмираб.

Месторождение Гузаксай разделено на участки: Южный, Юго-Западный, Центральный, Юго-Восточный, Северо-Восточный, Джулайсай-II Акбулак, Северный, северный Акбулак, Мазар, Каракутан, Боматсай. Участки Южный и Юго-Западный полностью отработаны карьером, а Северо-Восточный подземным способом. В 2009 году очистные работы проводились на участке Северный Гузаксай, Центральный Гузаксай, Юго-Западный Гузаксай, Акбулак, Северный Акбулак, Каракутан, Боматсай подземным способом. В 2009 году Чадакскому РУ переданы запасы участка Боматсай категории С2 в количестве руды 100,2 тыс.т, золота 329,8 кг, серебра 6,9 т. Чадакскому рудоуправлению для промышленного освоения передано также месторождение Чакмакташ, расположенное за перевалом Камчик, на территории Ахангаранского тумана Ташкентского вилоята.

Климат района типично континентальный, с продолжительным жарким сухим летом и короткой зимой, с неустойчивым снежным покровом. Наиболее жаркими в году являются июнь- август, когда среднемесячная температура воздуха достигает +22,1 +27,0 °С. В зимние месяцы в отдельные годы среднемесячная температура воздуха опускается до 1,3 °С. Глубина промерзания почвы составляет 0,4 - 0,5 м. Вода в реках не имеет даже временного ледяного покрова. Среднемесячная относительная влажность воздуха имеет наибольшее значение в зимние (декабрь- февраль) месяцы (57 - 73 %), наименьшее – летом (июль) – до 20 %. Атмосферные осадки в течение года выпадают крайне неравномерно. Основное количество атмосферных осадков 70 - 80 % от годовой суммы выпадает в зимне-весенний период, чаще всего в виде дождя. Средняя многолетняя величина атмосферных осадков составляет снежный покров от 0,2 до 0,4 м, непрерывно держится в некоторые годы в течении января - февраля. Для района характерны ветры северо - восточного, восточного направлений зимой и северо - западного, западного – летом. Среднемесячная скорость ветра изменяется от 0,2 до 4-5 м/с. Климатическая обстановка района с точки зрения формирования запасов подземных вод является неблагоприятной, так как выпадает сравнительно

небольшое количество атмосферных осадков. Температура воздуха, способствующая значительному испарению, благоприятствует интенсивному расходованию грунтовых вод.

Основной водной артерией является река Чадак, берущая начало с водораздельной части Кураминского хребта, протекающая примерно в центральной части рудного поля и впадающая в реку Сырдарью. Общая протяженность р. Чадак составляет 60 км. Дебит р. Чадак составляет 500 тыс.куб.м/сут, в т. ч. в осенне - зимнее время 170-130 тыс. куб.м/сут, в весенне-летнее время 2600-5200 тыс.куб.м/сут. Река Чадак имеет притоки. Одним из крупных притоков в районе рудного поля является р. Джулайсай. В устьевой части Джулайсая средний расход воды в р. Чадак составляет 1,12 тыс.м³/сек (100 тыс.м³/сутки). Приток Гузаксая протекает непосредственно через Гузаксайское месторождение. Ручей Пирмираб берет начало в одноименном поселке и впадает в реку Чадак на уровне впадения притока Джулайсай. Кроме того, имеются сезонные притоки, пересыхающие в летнее время. Основание русловой и прирусловой части водотоков сложено преимущественно валунно-галечниковыми отложениями. Вода в р. Чадак, ее притоках и в имеющихся в районе родниках чистая, без вредных примесей. По общему солесодержанию воды относятся к пресным, по химическому составу соответствуют санитарным нормам, пригодным для технических нужд и питья после хлорирования.

В ходе геоэкологических исследований В.Б. Апариним и др. были выявлены следующие техногенно - экологические условия для Чадакского рудного поля:

1. Исследованиями состояния почвенного покрова на местах проведения разведочных и эксплуатационных горных работ Чадакской ЗИФ, установлено, что почвы имеют загрязнение тяжелыми металлами и токсичными элементами. Загрязнение почв от слабой степени до очень сильной. Загрязнение установлено в зоне проведения разведочных, эксплуатационных работ и Чадакской ЗИФ (сурьма до 122 ПДК, молибден до 272 ПДК, селен до 30 ПДК, свинец до 30 ПДК, цинк до 15 ПДК, кобальт, медь, кадмий от 1 до 5 ПДК), на территории законсервированного хвостохранилища № 1 (сурьма до 35 ПДК, мышьяк до 50 ПДК, свинец до 35 ПДК, цинк, селен, кадмий, кобальт, молибден от 1 до 5 ПДК), действующего хвостохранилища № 2 (свинец до 13 ПДК,

сурьма, цинк, мышьяк, селен, кобальт, молибден от 1 до 6 ПДК), в русле реки Чадаксай (свинец до 10 ПДК, селен, цинк от 1 до 2 ПДК). Золото имеет среднее содержание 0,6 мг/кг, т.е. несколько повышенное. Аномалии золота в почвах отмечаются на промзоне Чадакской ЗИФ, и в русле реки Чадаксай за многолетний период сформировались вторичные аномалии золота как в поселке Чадак, так и ниже по течению, в районе действующего хвостохранилища № 2, с содержанием золота в аллювиальных отложениях от 1 до 2 мг/кг. При некотором доизучении эту аномалию возможно выдвинуть как техногенное месторождение рассыпного типа.

2. Как показали исследования состояния растений на местах проведения разведочных и эксплуатационных горных работ Чадакской ЗИФ, растения также имеют загрязнение тяжелыми металлами и токсичными элементами. На участке Кызылалма установлено загрязнение растений от слабой степени до средней. Загрязнение локализовано в зоне проведения разведочных и эксплуатационных работ (мышьяк до 4 ПДК, свинец до 3 ПДК и марганец немного более 1 ПДК). Загрязнение почв установлено в зоне проведения разведочных, эксплуатационных работ в Чадакской ЗИФ (свинец до 2 ПДК, мышьяк около 1 ПДК и селен до 4 ПДК). Около хвостохранилищ растения загрязнены слабо, иногда с небольшим превышением ПДК.

3. После проведения исследований современного состояния поверхностных водотоков было установлено: на участке Чадак - вода в р. Чадак пресная, гидрокарбонатно-сульфатная кальциево-магниева, умеренно- жесткая, нейтральная и по данным параметрам соответствует требованиям OzDSt 950: 2011 «Вода питьевая», но она не может использоваться в питьевых целях из-за суммарного загрязнения вод ионами Fe (1,2 ПДК), Ba (1,1 ПДК), Al (1,1 ПДК), Mn (1,2 ПДК). Чадакская ЗИФ, карьер «Гузаксай», хвостохранилище, штольни являются загрязнителями поверхностных водотоков и, как следствие, подземных вод. Наблюдается загрязнение Al (до 21,5 ПДК), Mo (до 7,6 ПДК), Mn (до 2,2 ПДК), Pb (до 1,5 ПДК), Se (до 6 ПДК), Fe (до 14,3 ПДК).

4. Донные отложения имеют загрязнение металлами 1-3 класса опасности от средней до сильной степени и несут

опасность токсического загрязнения. Наибольшее распространение и интенсивность загрязнители имеют на участке Чадак – селен (до 5 ПДК), свинец (до 3 ПДК).

5. Подземные воды ниже хвостохранилища Чадакской ЗИФ (дренажная вода) с минерализацией от 1,66 г/л до 2,82 г/л, общей жесткости 23,5 - 34,5 мг.экв/л содержат в себя Be - 0,95 - 2,0 ПДК, Al - 0,14 - 1,9 ПДК, As - 4,4 - 9,2 ПДК, Se - 1,3 - 5,5 ПДК, Cd - 0,3 - 0,8 ПДК. Тип воды сульфатно-хлоридный кальциево-натриевый. Минерализация промстока 0,97 - 1,78 г/л, общая жесткость 11,70 - 31 мг.экв/л. Содержание хлора 372 - 461 мг/л., сульфата 102 - 143 мг/л. Тип воды хлоридно-сульфатный кальциево-натриевый. Тип воды изменяется от гидрокарбонатно-сульфатного до собственно сульфатного и хлоридного.

Проблема загрязнения окружающей среды токсичными компонентами техногенного происхождения приобретает все большую актуальность в силу нарастающего влияния источников тяжелых металлов и металлоидов на природную среду.

В течение последнего столетия отмечается резкая активизация освоения человечеством земных недр, что проявляется в увеличении роста объемов добычи полезных ископаемых. Специфика добычи и обогащения руд заключается в извлечении и переработке огромных масс горных пород. Современная технология позволяет использовать лишь часть извлекаемой горной массы, а оставшаяся часть породы накапливается в виде горнотехнических отвалов или хвостохранилищ. Из всего разнообразия техногенных объектов именно с отходами обогатительных фабрик связаны проблемы, решение которых важно как для человека, так и для природы в целом.

Извлеченная на поверхность и складированная рудно - породная ассоциация с одной стороны неизбежно испытывает влияние природных факторов, видоизменяясь и преобразуясь под их воздействием, а с другой - сама оказывает активное влияние на окружающие ее природные компоненты. В этой связи проблема оценки воздействия неостребованной части минерального сырья в процессе отработки месторождений на окружающую среду и здоровье человека весьма актуальна, так как рудные месторождения представляют собой природные геохимические аномалии,

являющиеся потенциальными и реальными источниками токсичных элементов.

В ряду наиболее экотоксичных месторождений одно из первых мест занимают вулканогенные золоторудные, поскольку их руды содержат широкий спектр токсичных элементов, большинство из которых относятся к 1-й и 2-й группам опасности. Учитывая то, что при отработке данных месторождений основное внимание уделяется одному (Au), максимум двум полезным компонентам (Au + Ag), вопросы выяснения потенциальной экологической опасности незадействованных рудных минералов приобретают особую важность.

Наиболее опасными из них являются отходы обогащения сульфидсодержащих руд, так как они имеют большие концентрации таких потенциально токсичных элементов как Cd, As, Cu, Pb, Zn, Sb.

В сульфидных минерализованных областях, отвод (дренаж) кислых шахтных вод (КШТ) является одним из наиболее серьезных экологических угроз, в результате чего происходит растворение тяжелых металлов и связанных с ними других элементов.

Основная цель настоящей работы заключается в оценке загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами и металлоидами, поступающими из образующихся в процессе отработки техногенных отвалов и хвостохранилищ Чадакской ЗИФ. Для достижения данной цели нужно было выявить распределение и концентрации, а также формы тяжелых металлов и других токсичных элементов в хвостах и почвах вблизи хвостохранилищ.

Содержание тяжелых металлов, металлоидов и их распределение по горизонтальным и вертикальным профилям.

Элементы с атомной массой свыше 50, то есть начиная с ванадия относятся к группе тяжелых металлов и металлоидов. Эта группа заканчивается ураном с атомной массой 238. Исключаются металлы, не имеющие стабильных изотопов. Всего группа тяжелых металлов и металлоидов включает 58 элементов. Тяжелые металлы и металлоиды изучают в двух качествах: их валовое содержание в почве и состав различных форм соединений. Соответственно, области использования информации различаются (табл. 2.5.1).

Таблица 2.5.1.

Использование валового содержания тяжелых металлов и металлоидов и их форм в почвоведении, геохимии и агрохимии

Характеристика тяжелых металлов и металлоидов	Область применения
Валовое содержание	Кларки элементов: глобальные и региональные Установление природных и техногенных аномалий Оценка контрастности и емкости геохимических барьеров Нормирование
Формы соединений	Установление токсичности элемента Определение доступности элементов растениям Определение поступления тяжелых металлов и металлоидов в оросительную и питьевую воду Закрепление мелиорантами при ремедиации Устройство искусственных ремедиационных барьеров Нормирование

Валовое содержание элементов в почве наиболее эффективно используется в геохимии и техногеохимии. Оно дает представление о величине кларков. В свою очередь, кларк позволяет оценивать мощность природной или техногенной аномалии как положительной (при превышении кларка), так и отрицательной (при уровне ниже кларкового). Значения кларка принимают во внимание при назначении ПДК для тяжелых металлов и металлоидов.

Таблица кларков рассеянных элементов в почвах мира по Виноградову (90) и в почвах США по Шаклетту и Борнгену приведена в монографии Добровольского (91). В ниже приведенной таблице исключены элементы, не относящиеся к группе тяжелых металлов и металлоидов (табл. 2.5.2).

Таблица 2.5.2.

**Кларки тяжелых металлов и металлоидов (мг/кг) в почвах
мира и США (Добровольский, 2003).**

Элемент	Почвы США*	Почвы мира**	Элемент	Почвы США*	Почвы мира**
Mn	500	850	Sn	1.1	10
Ba	600	500	Mo	3	2
Zr	175	300	U	2.8	1
Sr	180	300	Ge	1.4	-
Cr	40	200 (?)	Sb	1	1
V	70	100	Hg	0.05	0.03
Zn	58	50	Se	0.36	0.01
Y	26	50	Tc	-	-
La	30	40	Ru	-	-
Ni	17	40	Pd	-	-
Ga	15	30	Cd	-	-
Cu	20	20	In	-	-
Nb	10	-	Te	-	-
Co	8	8	Cs	-	-
Th	9.5	6	Ce	-	-
As	6.5	5	Bi	-	-
Yb	3.0	-	Ag	-	-

* По Шаклетту и Борнгену, 1984. ** По Виноградову, 1957.

Для оценки степени биологического воздействия необходимо знание уровня токсичности данного тяжелого металла и металлоида. В рекомендациях ЮНЕП наиболее опасными тяжелыми элементами названы кадмий и мышьяк. В других международных документах обычно фигурируют свинец, кадмий и ртуть.

Токсичность и мобильность тяжелых металлов в почвах зависит не только от валовой концентрации, но и от их специфической химической формы, состояние связи, свойства металлов, свойства почв такие как рН, содержание и тип органического вещества, окислительно-восстановительные условия и др. (табл. 2.5.3.)

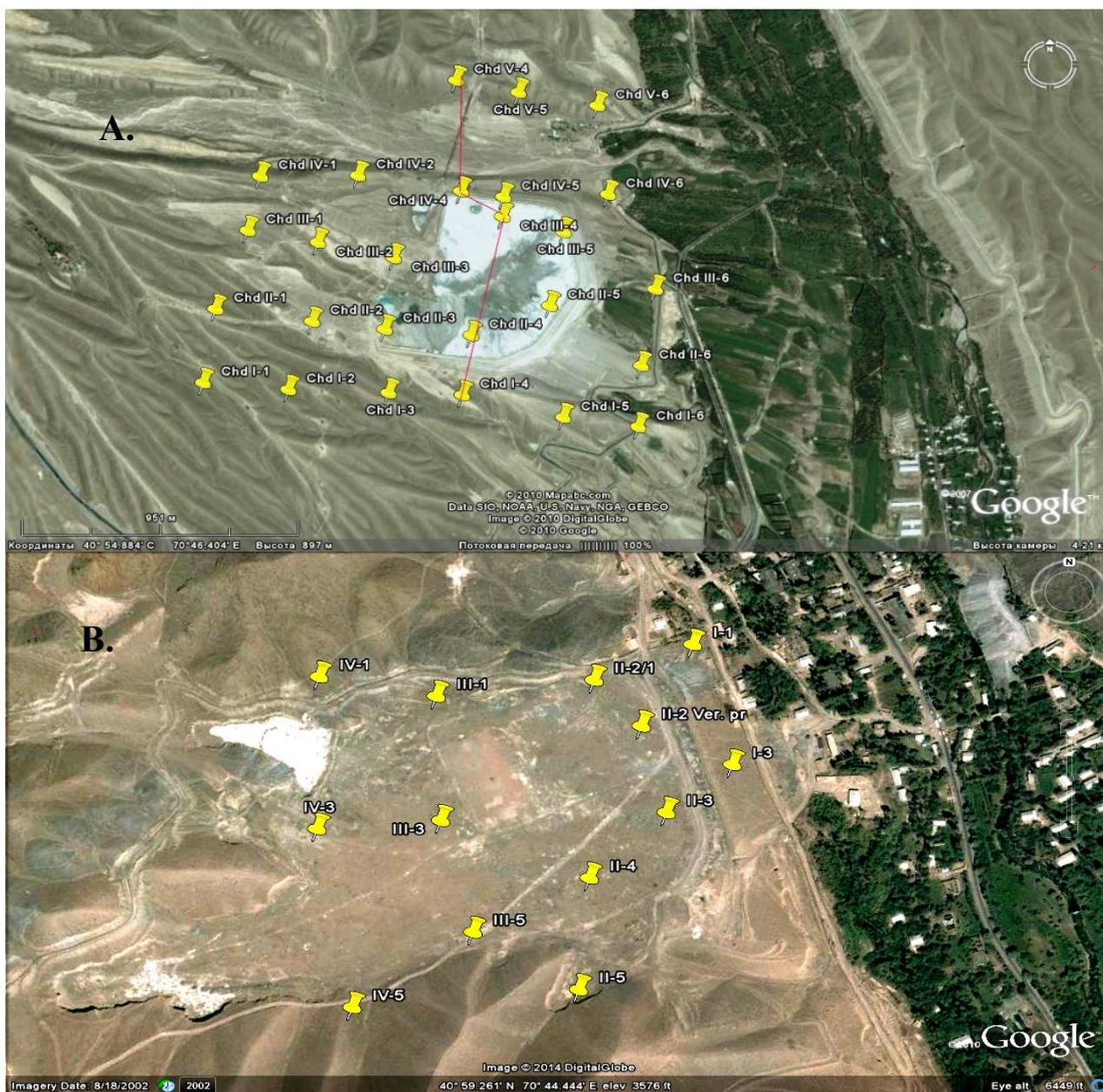


Рисунок 2.5.1. Точки отбора проб в действующем (А) и в старом (В) хвостохранилище Чадакской ЗИФ.

Пробы отбирались с верхнего слоя (0 - 10 см) действующего и выведенного из эксплуатации старого хвостохранилища и вокруг них (рис.2.5.1). Из последнего также был опробован вертикальный профиль. Общее количество проб составляет 136, отобранные по сетке 100 x 100 м. из данных хвостохранилищ. Образцы были высушены при комнатной температуре и просеяны через 2 мм сито. Просеивание проводится с целью устранения обломков минералов, в которых химические элементы находятся в труднодоступной для организмов форме. После этого пробы растирались в агатовой

ступке. Спектральный анализ всех проб проводился применением рентгенофлуоресцентного спектрального анализа XRF.

Стандартными методами определялись физико-химические свойства образцов (табл.2.5.3): pH измеряли с помощью pH-метра (Crison 501) в отношении почва/суспензия 1:2.5 (м/объем) согласно Международному обществу почвоведения, МОП; электропроводность (ЕС) была измерена с использованием Eutech XS Con 700 в экстрактах, полученных путем фильтрации 1:10 суспензии через 0.45- мкм ацетат целлюлозовый дисковый фильтр; органический углерод (ОС) методом Тюрина; емкость катионного обмена (СЕС) определяли с использованием ацетата натрия 1N при pH 8,2 и измерялось атомно-абсорбционным спектрометром VARIAN Spectraa 220FS (SCS-USDA, 1972); Текстура была определена методом пипетки (Ловленд и Уолли, 1991). Содержание карбоната кальция была определена в соответствии с методом Vascomb (1961). Валовое содержание V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Sb, и Pb было определено рентгенофлуоресцентным методом (XRF) (табл. 2.5.4.). Геохимическое фракционирование образцов было проведено методом селективной экстракции тяжелых металлов и металлоидов. Эта процедура применялась для оценки подвижности тяжелых металлоидов в образцах старого хвостохранилища. Для этого использовались следующие реагенты: 1) растворение в воде; 2) экстракция с 0.43M уксусной кислоты (Ure и др, 1993); 3) экстракция с щавелевым оксалатом (92); 4) экстракция с 1M нитратом аммония (DIN 19730, 1995); 5) растворение образцов путем гидролиза в сильных кислотах ($\text{HNO}_3 + \text{HF} + \text{HCl}$). Полученные экстракты были проанализированы с помощью масс-спектрометра ICP-MS. Определение физико-химических свойств образцов и геохимическое фракционирование проводилось в лаборатории.

Как видно из таблицы 2.5.3. pH хвостов умеренно щелочной со средним значением 8.2 и 8.3 для образцов действующего хвостохранилища и 8.4 и 8.3 для старого. Щелочная среда объясняется климатом района исследования, и наличием кальцит содержащих минералов.

Содержание CaCO_3 варьирует от среднего до сильно известкового (14.8 %) состава со средними значениями 5.4 % и 9.5 % соответственно. Высокое содержание CaCO_3 является природным т.к. в пределах рудного поля золото-серебряная минерализация локализуется, в основном, в жилах кварцевого и кварц-карбонатного

состава. ЕС удобный способ определения растворенных солей в образцах. Значение электропроводности изменяется в пределах от 0.07 до 0.96 dS/м. Во всех образцах значения ЕС < 1 и попадают в категорию очень низкой солености или её отсутствия.. Значения СЕС были весьма переменной в пределах от 1,8 до 12,3 смол/kg⁻¹ и считается низким, если ниже 12 смол/kg⁻¹. Наиболее высокие значения (в среднем - 10,4 смол/kg⁻¹) были найдены в образцах почвы вокруг действующего хвостохранилища. СЕС образцов действующего хвостохранилища и из профиля старого хвостохранилища были относительно ниже (в среднем – 2.6, 4.9 смол/kg⁻¹ соответственно). Среднее значение СЕС в почве с поверхности хвостохранилища в старом хвостохранилище 7,9 смол/kg⁻¹, и это может быть связано с наличием почвенного слоя которым было покрыто хвостохранилище. Общее содержание органического вещества меньше 2 %, и считается рассеянным. Диапазон и среднее содержание тяжелых металлоидов, определенных с помощью рентгеновской флуоресценции приведены в таблице 2.5.4. Валовое содержание главных элементов в хвостах и почвах Чадакской ЗИФ определялись химическим и спектральными анализами (Табл. 2.5.5). Полученные результаты сравнивались с вычисленным фоновым значением района исследования и предельно-допустимой концентрацией по данным Кабата-Пендиас.

Установлено, что содержания V, Cr, Co, Cu и Cd с их средними значениями во всех образцах, в основном, в диапазоне фоновых концентраций (ФК) района исследования. Иногда наблюдается превышение, но не значительное. Среднее значение Ni ниже, чем ФК во всех образцах и только показали значительно более высокие значения в почвах действующего хвостохранилища (в среднем - 154,3 мг/кг). Даже при концентрациях этих элементов ниже ПДК, то они являются важным источником металлов в непосредственной близости от участка. С другой стороны, концентрация Zn показало более высокие значения с диапазоном 138-366 мг/кг (в среднем 236,6 мг/кг) в образцах действующего хвостохранилища и 202-369 мг/кг (в среднем 293,8 мг/кг) в образцах вертикального профиля старого хвостохранилища.

Образцы почвы вокруг действующего (в среднем 104 мг/кг) и хвостовой поверхностной почвы (в среднем 80,3 мг/кг) старого хвостохранилища показал, меньшую концентрацию Zn, чем ФК. Подобное поведение показал Pb с высокими значениями в образцах

действующего (в среднем 137,3 мг/кг) и старого (в среднем 298,5 мг/кг в вертикальном профиле) хвостохранилища, показывая меньшее значение в прилегающих почвах (в среднем 35,6 мг/кг, 29,8 мг/кг соответственно). Мышьяк показал довольно изменчивую концентрацию, показывающую низкие значения (среднее 11,3 мг/кг) в почвах и высокие (в среднем 31,6 мг/кг) в материалах действующего хвостохранилища. Были определены высокие значения As (в среднем 27,4 мг/кг) в хвостовой поверхностной почве и очень высокая (в среднем 1279,3 мг/кг) в вертикальном профиле в старого хвостохранилища. Концентрация Sb также была очень высокой в вертикальном профиле (в среднем 80,5 мг/кг) и показали аналогичные средние значения ФК в остальных образцах. Результаты РФА показало, что концентрации Zn, As, Sb и Pb были выше, чем на фоне и значений ПДК, в основном, в вертикальном профиле старого хвостохранилища.

Экологический риск, исходящий от загрязненных почв и хвостов на окружающую среду не может быть оценен просто установлением валового состава потенциально токсичных металлов превышающее ПДК потому, что эти металлы и металлоиды полностью немобильны или небiodоступны. Экологическая мобильность это способность токсичных элементов переходить от загрязненных материалов в любую часть почвы или подземных вод. Biodоступность относится к фракции контаминанта, которая может аккумулироваться в растениях, животных и в человеке. В зависимости от химической формы элемента, они могут быть полностью biodоступными или практически недоступными. В связи с этим, проводили последовательную селективную экстракцию элементов с разделением их на следующие геохимические фракции: 1) водно-растворимый; 2) "обменный"; 3) кислотнорастворимый (металл, связанный с карбонатами); 4) Умеренно редуцируемый (металл закрепленный оксидами/гирооксидами Fe и Mn) и 5) Остаточный (металлы содержащиеся в кристаллической решетке). Токсичность металлов уменьшается от первой к последней фракции и в процессе разделения на геохимические фракции. Для этого использованы реагенты, начиная от слабого и заканчивая сильным реагентом.

Результаты методики селективной экстракции показаны на рис. 2.2. По сравнению со справочным уровнем (табл. 2.5.6.) водно-растворимая фракция содержит повышенную концентрацию Pb (в

среднем - 0,26 мг/кг), Sb (в среднем - 1,31 мг/кг) и очень высокое содержание As (в среднем - 4,34 мг/кг) по всему профилю (рис. 2.5.2-А).

Таблица 2.5.3.

Справочные уровни (мг/кг) для водно-растворимой формы элементов

Элемент	ВОЗ*, 1995	Ewers, 1991	Испания, 1990
Zn	-	0.5	-
Pb	0.01	1.0	0.05
As	0.01	-	0.05
Sb	0.005	-	0.01

*- Всемирная организация здравоохранения.

Содержание Zn (в среднем - 0,60 мг/кг) была слегка повышенной только в верхней (0-25 см) слое профиля. Биодоступная форма As (извлеченная нитратом аммония, (рис. 2.5.2.-В) показала аналогичное поведение, как водно-растворимый As (средняя - 4.34 мг/кг) и достигла пика концентрации (17,46 мг/кг) на глубине 125 см и далее следует резкое падением на глубине слоя 150 см. Sb (средняя - 1.31 мг/кг) показало наибольшее значение (3.08 мг/кг) на глубине 100 см, также как и водно-растворимый Sb. Однако, извлечение Zn было очень низкой, в то время как Pb был ниже предела обнаружения. Извлечение элементов с уксусной кислотой (рис. 2.5.2.-С) показало сходное поведение As (средняя - 46,55 мг/кг) и Zn (средняя - 56,47 мг/кг), которые имеют более высокие концентрации на глубинах 50 и 125см. Sb (в среднем - 7,97 мг/кг) и Pb (46,88 мг/кг) показали похожее распределение которое уменьшается с глубиной и резко увеличилось на глубине 100 см. Другое извлечение щавелевым оксалатом показало также подобное поведение Zn (в среднем - 112,16) и As (среднее - 462,42 мг/кг), имеющего очень высокие концентрации на глубине 50 см (159,50 и 1303,73 мг/кг соответственно) и 125см (168,93 и 409,43 мг/кг, соответственно). Аналогичным образом, Sb (в среднем - 105,37 мг/кг) показало высокую концентрацию в 50-см слое. Высокая концентрация Zn, As, Pb и Sb были извлечены: 1 - сильными кислотами (рис. 2.5.2.-Е); 2 - экстракцией щавелевым - оксалатом (рис. 2.5.2-Д) и затем 3) уксусной кислотой (рис. 2.5.2.-С).

На рисунке 2.5.3 показаны абсолютные количества каждого экстрагированного элемента с помощью различных экстрагентов с

каждой фракцией, выраженное в процентах от общего количества тяжелых металлоидов. Вертикальный профиль был разделен на три слоя, А, В, С со средним значением для каждого из трех слоев.

Значительная доля As (от 50 до 79 %) и Zn (от 45 до 58 %) было экстрагировано щавелевым оксалатом во всех трех слоях, указывающий их удержание аморфными гидрооксидами Fe-Mn. Существенное количество As (от 9 до 36 %) и Zn (13 до 36 %) было извлечено сильными кислотами. Извлеченные количества As (от 6 до 13 %) и Zn (от 18 до 30 %) с уксусной кислотой, могут быть, соосажденными карбонатными минералами, а также, сорбированными на некоторых участках поверхности глин, органического вещества. С другой стороны, водорастворимые (2 %) и биодоступные (1 %) формы As были извлечены в слое С и требует постоянного контроля, так как эти формы представляют потенциальную токсичность As.

Значительное количество Sb (от 64 до 78 %) и Pb (63 до 88 %) были экстрагированы сильными кислотами, указывающие, что эти металлы, содержатся в кристаллической решетке вторичных минералов. Sb (от 21 до 29 %) экстрагирован с помощью щавелевого оксалата и (с 1 по 6 %) уксусной кислоты, в то время как Pb экстрагирован с помощью уксусной кислоты (от 3 до 31 %) и щавелевого оксалата (от 2 до 9 %).

Изучение физико-химических свойств образцов и химических форм нахождения тяжелых металлов и металлоидов проводились с использованием сканирующего электронного микроскопа SEM. Результаты проведенных исследований демонстрируют, что содержания Zn, As, Sb, Pb во много раз превышают предельно-допустимые концентрации в выведенном из эксплуатации хвостохранилище чем в действующем. As, и Zn в основном, связаны с оксидами (гидрооксидами) Fe и Mn и находятся в малоподвижной форме. Sb и Pb находятся, в основном, в нерастворимой форме. Однако Pb также присутствует в подвижной форме и требует дальнейших минералогических исследований.

(A) Водорастворимый

(B) Обменный

(C) Кислоторастворимый

(D) Умеренно редуцируемый

(E) Остаточный

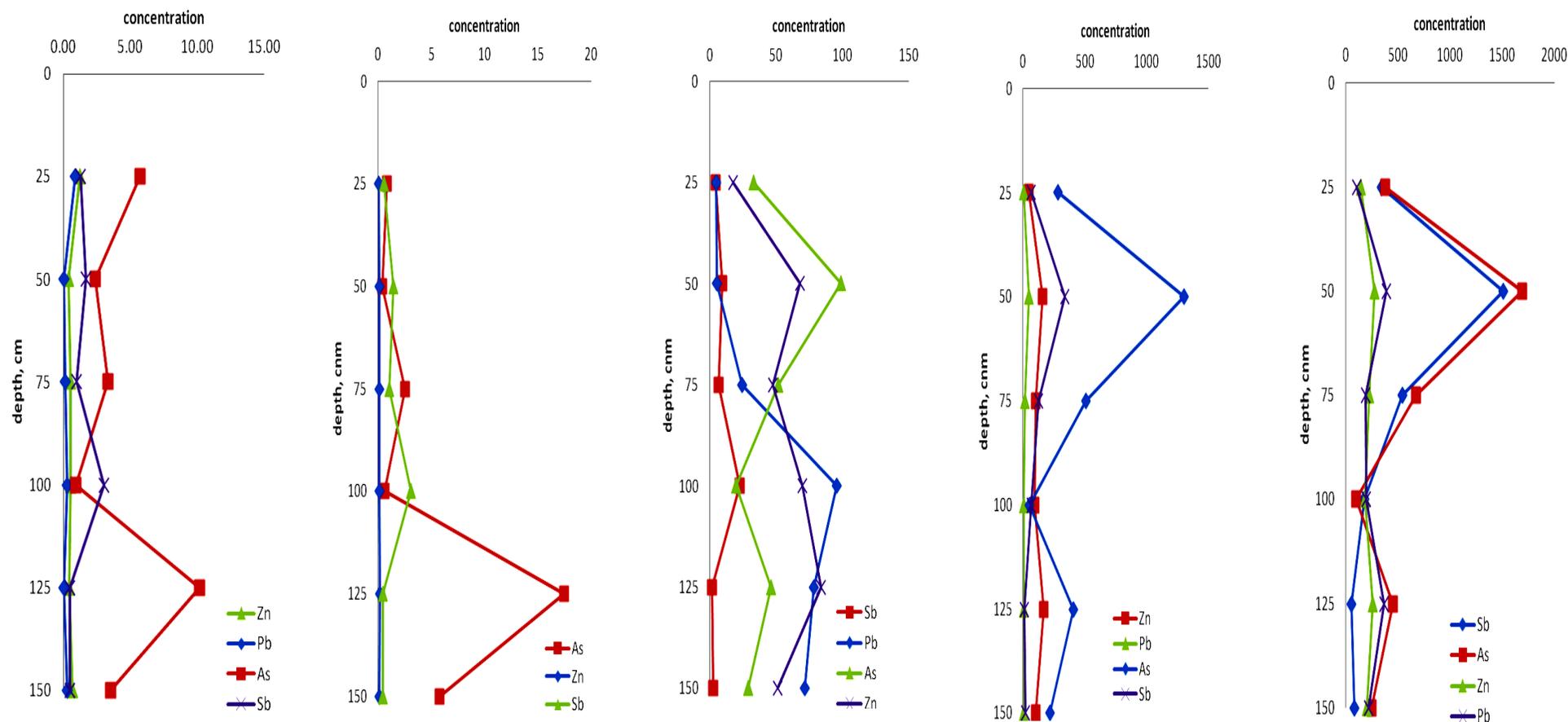


Рисунок 2.5.2. Распределение элементов (мг/кг) в различных химических фракциях в отходах старого хвостохранилища.

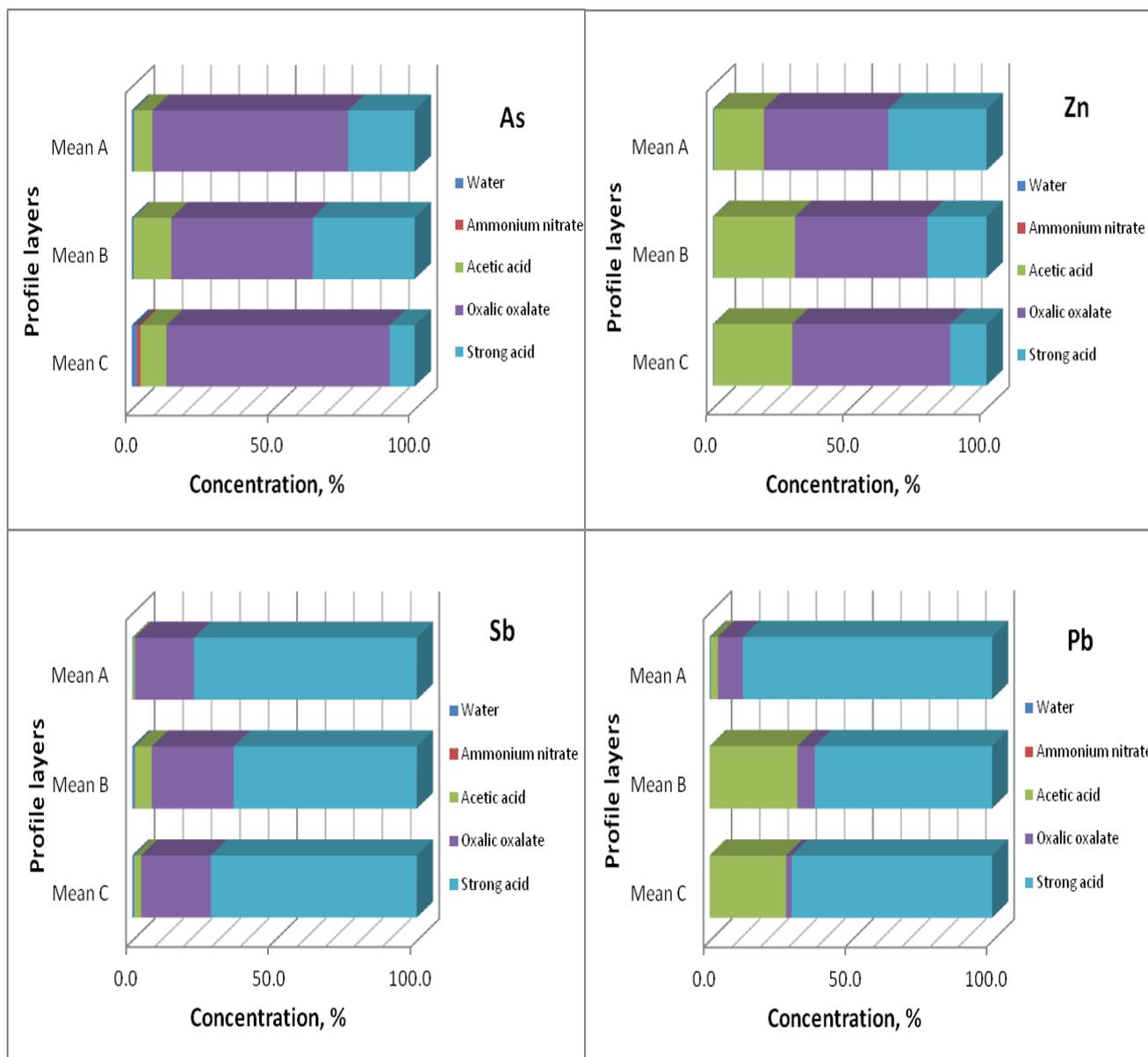


Рисунок 2.5.3. Результаты селективной экстракции элементов и их процентное содержание в отходах старого хвостохранилища.

Низкие содержания загрязняющих металлов и металлоидов в действующем хвостохранилище по сравнению с выведенном из эксплуатации хвостохранилищ указывает на улучшенные природоохранные мероприятия в фабрике. В результате исследований некоторых минералов, найденных в хвостохранилищах Чадакского рудного поля, под электронным микроскопом, определено, что отдельные минералы сложены их зерен с неровными границами и разноориентированных призматической формы. Размер зерна 300мкр. Образец состоит из двух фаз: плотная фаза титаномагнетит, ильменит и рыхлая рутил. Размер зерен 100-20 мкр. Установлены единичные зерна кварца.

овально круглой формы, которые идентичны формам реликтов железобактерий (рис. 2.5.4) [93, 111].

Исходя из результатов исследования следует, что требуется постоянный мониторинг хвостохранилищ т.к. высокие содержания токсичных элементов как As, Sb, Pb и Zn главным образом, находятся в малоподвижной и нерастворимой форме и с изменением условий среды, в котором они присутствуют данные элементы могут резко перейти в растворимые и подвижные формы и представлять потенциальную угрозу окружающей среде и человеку.

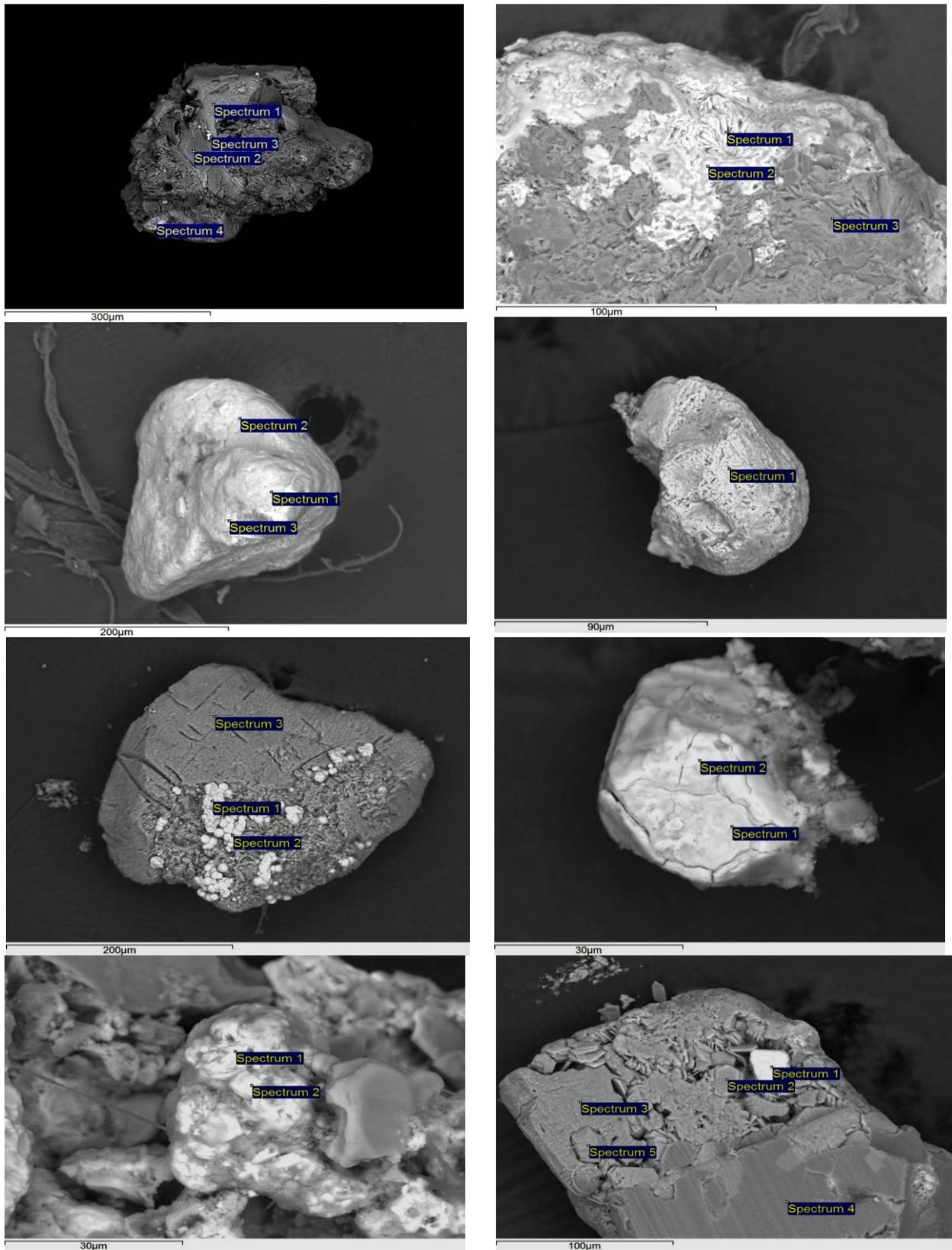


Рисунок 2.5.4. Частицы рудных и нерудных минералов лежалых хвостов ЧЗИФ под сканирующим электронным микроскопом.

Таблица 2.5.3

Физико-химические свойства почв и хвостохранилищ Чадакской ЗИФ.

Зона	Подзона	рН		ЕС*	СЕС*	СаСО ₃	ОС*	Глина	Ил	Песок
				(dS/m)	(cmol/kg)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Действующее хвостохранилище	почва	Среднее	8.2	0.17	10.4	4.8	1.1	12.02	33.41	53.07
		±SD	0.2	0.04	2.7	2.6	0.9	1.64	0.35	0.83
		Диапазон	8.0-8.3	0.13-0.20	8.5-12.3	2.9-6.6	0.4-1.7	10.86-13.19	33.16-33.66	52.48-53.07
	хвост	Mean	8.3	0.53	2.6	5.4	0.8	5.77	22.94	71.28
		±SD	0.1	0.05	1.0	1.7	0.2	0.61	5.79	6.39
		Range	8.2-8.4	0.47-0.57	1.8-3.6	3.6-6.9	0.6-1.1	5.27-6.46	19.57-29.64	63.9-75.11
Старое хвостохранилище	поверхностная почва хвостохранилища	Mean	8.4	0.30	7.9	10.0	0.7	13.75	35.95	50.28
		±SD	0.2	0.44	2.3	1.4	0.3	2.89	30.16	28.57
		Range	8.0-8.6	0.07-0.96	5.4-9.9	8.4-11.7	0.2-0.8	11.13-16.52	12.35-80.18	8.44-71.65
	вертикальный профиль	Mean	8.3	0.49	4.9	9.5	0.2	9.23	32.05	58.71
		±SD	0.3	0.36	1.3	4.3	0.1	1.58	6.66	6.14
		Range	7.9-8.6	0.12-0.95	3.5-7.2	4.2-14.8	0.0-0.4	7.58-12.01	23.42-42.16	48.74-64.57

Примечание: ЕС – электропроводность; СЕС - катионнообменная емкость; ОС – органическое углерод; ±SD - стандартное отклонение

Таблица 2.5.4.

Валовое содержание элементов, (мг/кг)

Зона	Тип пробы		V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Sb	Pb
Действующее хвостохранилище	почва	Среднее ±SD	77.6±1 3.3	41.5±1 6.6	10.6±1 .7	154.3±8 0.1	16.5±7. 4	104.9±2 1.5	11.3±3.75	1.3±0 .7	2.4±1.1	35.6±1.3
		Диапазон	50.2- 98.8	8.5- 67.7	6.6- 13.6	23.0- 285.0	6.8- 25.0	83.0- 180.0	5.68-21.0	0.8- 1.8	0.0-5.7	33.8-36.9
	хвосты	Среднее ±SD	54.5±1 6.5	11.3±2. 9	8.7±2. 3	5.6±1.5	35.5±1 2.8	236.6±8 6.3	31.6±10.9	1.0±1 .8	6.1±2.5	137.3±68 .6
		Диапазон	30.8- 74.1	7.3- 15.0	5.5- 12.0	4.0-7.0	15.3- 56.8	138.0- 366.0	12.5-44.4	0.0- 3.1	3.0-9.2	77.0- 212.0
Старое хвостохранилище	поверхностная почва хвостохр. р.	Среднее ±SD	84.8±1 1.3	39.3±1 1.2	12.7±2 .4	20.7±5. 4	28.1±8. 3	80.3±10 .6	27.4±12.2	0.7±0 .3	2.6±1.1	29.8±5.7
		Диапазон	73.0- 111.0	25.0- 51.0	09.0- 17.0	13.0- 27.0	16.0- 41.0	66.0- 103.0	15.0-49.0	0.3- 1.4	2.0-4.0	18.0-38.0
	вертикальный профиль	Среднее ±SD	74.0±4 5.9	28.5±1 3.2	9.1±2. 3	18.6±14 .5	40.1±1 8.0	293.8±6 7.3	1279.3±13 28.9	2.0±2 .1	80.5±9 2.1	298.5±62 .6
		Диапазон	32.0- 136.0	13.0- 45.0	7.0- 12.0	6.0-40.0	23.0- 70.0	202.0- 369.0	144.0- 3371.0	0.0- 4.8	4.0- 217.0	234.0- 409.0
Фоновое значение			131	51	19	31	37	135	15	nd	4	48
*ПДК			150	50-200	20-50	20-60	60-150	100-300	15-20	1-5	10	20-300

Примечание: ПДК - предельно допустимая концентрация по данным Кабата-Пендиас, 2011г.

Таблица 2.5.5.

Валовое содержание главных элементов в хвостах и почвах Чадакской ЗИФ.

пробы	Участок отбора проб	Тип пробы	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MnO (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	TiO ₂ (%)	P ₂ O ₅ (%)	Zr (ppm)	LOI (%)	Сум. (%)
Chd I-4	Действующее хвостохранилище	почва	62,57	13,23	5,13	0,13	2,01	4,84	1,55	3,83	0,64	0,20	250,8	5,70	99,83
Chd V-4			64,40	13,23	3,96	0,10	1,79	2,82	1,85	3,80	0,59	0,25	256,0	6,42	99,21
Chd II-4		хвосты	71,14	8,38	5,53	0,13	0,98	5,29	0,37	2,84	0,33	0,13	92,0	4,04	99,16
Chd III-4			73,68	9,01	4,33	0,12	1,14	3,55	0,70	3,23	0,39	0,17	116,5	3,19	99,51
Chd IV-4			70,72	8,28	7,09	0,14	1,20	4,27	0,50	2,90	0,33	0,14	96,9	3,60	99,18
СТХХ I-3	Старое хвостохранилище	Почвы покрывающие хвостовых отходов	64,02	12,96	4,68	0,11	1,39	4,47	1,66	3,83	0,46	0,16	168,1	5,69	99,43
СТХХ II-2			60,17	13,24	6,34	0,19	2,03	5,15	1,12	3,65	0,54	0,20	154,5	6,76	99,39
СТХХ II-5			59,05	13,75	5,30	0,09	1,97	6,24	1,82	3,44	0,53	0,16	166,3	7,02	99,37
СТХХ IV-3			61,93	11,25	7,13	0,23	2,01	6,70	0,44	3,40	0,33	0,16	79,5	5,72	99,30
Chd IV-1		Хвосты по вертикальному разрезу	60,16	14,34	5,74	0,12	1,85	5,26	1,51	3,68	0,69	0,20	197,2	5,91	99,46
Chd IV-3+2			66,28	11,09	5,93	0,10	1,40	4,12	1,32	3,28	0,87	0,17	273,3	4,71	99,27
Chd IV-5+4			68,64	10,20	5,23	0,13	1,25	4,29	0,93	3,54	0,62	0,15	196,5	4,20	99,18
Chd IV-6			68,06	8,19	3,89	0,20	0,87	7,82	0,50	3,44	0,22	0,10	107,4	5,96	99,25
Chd IV-7			64,71	7,18	3,46	0,26	0,84	11,58	0,34	2,81	0,18	0,08	96,8	7,66	99,10
Chd IV-8			65,54	8,34	3,06	0,21	1,00	9,63	0,74	3,30	0,21	0,09	119,3	7,23	99,35

Выводы ко 2-ой главе

1. Выявлены экологически неблагоприятные участки бассейнов рек Чирчик и Ахангаран. Выделены аномальные зоны распределения загрязнителей. На основе статистического анализа и интерпретации полученных результатов изучены свойства горизонтального и вертикального распределения тяжелых металлов в почвах техногенных и природных ландшафтов Ангрэн-Алмалыкского горнорудного района и Чаткало-Кураминских гор. Распределение элементов Pb, Cu, Zn и Cd по почвенным горизонтам свидетельствует об общем росте мощности загрязненного слоя по сравнению с 1999 г., что видно по увеличению аномальных площадей на глубинах >0.25 м;

2. Вторичные руды техногенных месторождений, образованные в районах интенсивного горного и металлургического производства, могут и должны использоваться как источник получения дополнительного количества полезного сырья, хранение которых в неостребованном состоянии нерационально и экологически рискованно. Так как при воздействии природных и техногенных процессов токсичные элементы и их изотопы при разложении минералов могут переноситься на значительные расстояния, загрязняя экосистемы предгорных и горных районов и нанести вред здоровью их населения.

ГЛАВА 3. ИЗМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ЧАТКАЛО-КУРАМИНСКОГО РЕГИОНА

3.1. Изменение экологического состояния нивальной зоны в связи с деградацией оледенения

Ледники являются продуктом сложного природного комплекса, где основные действующие силы представлены эндогенными и экзогенными факторами. Системный подход к изучению взаимодействия компонент этого комплекса позволяет не только изучить современное состояние оледенения, но и выявить тренд параметров и экологические сдвиги в нивально - гляциальной зоне.

Запасы льда не являются стабильными. В настоящее время исследователи- гляциологи отмечают повсеместное отступление ледников. Сокращение площади оледенения приводит к уменьшению объема талых вод с ледника и уменьшению ледникового - стока. Однако, наблюдения в различных ледниковых районах показали, что сток с ледников убывает медленнее, чем сокращается площадь оледенения [94, 95]. В процессе исследования были выявлены зависимости, связывающие изменение скорости движения ледника с изменением его морфометрических параметров. При отступании уменьшается скорость движения льда и возрастает расчлененность деятельной поверхности, что приводит к увеличению фактической площади деятельной поверхности. Процесс отступления сопровождается также понижением поверхности, повышением температуры воздуха над ней и, соответственно, увеличением таяния. Сумма дополнительного таяния за счет изменения морфометрических характеристик языковой части ледника частично компенсирует уменьшение таяния за счет сокращения площади в процессе отступления. Была построена модель изменения морфометрических и режимных характеристик ледника при его отступании. Для оценки надежности расчетов по данной модели произведены вычисления и морфометрических характеристик для ледников Имат и Абрамова. Расчет по составленной схеме дал удовлетворительные результаты (табл. 3.1.1).

Расчет изменения параметров отступающего ледника (сокращение длины dL и площади абляции dS в языковой зоне), согласно модели, производится не по временным характеристикам

процесса отступления, а по изменениям скорости движения льда U на поперечном профиле, ограничивающем зону сверху. Чтобы «привязать» полученные при расчетах величины dL и dS к определенной дате, необходимо иметь данные о темпах изменения скорости движения льда на ледниках или среднюю величину изменения скорости движения льда по исследуемому району. Поскольку данных об изменении скоростей движения ледников за длительный период крайне мало, для определения тенденций изменения U мы использовали интерполяцию, и полученные даты являются ориентировочными.

Таблица 3.1.1

Изменение площади на ледниках Имат и Абрамова

Ледник	Период	Изменение площади ледника, км	
		Измеренны	Вычисленные
Имат	1965-1985	0.51	0.45
Абрамова	1974-1984	2.60	2.27

Ниже приведены результаты расчета изменения площади ледников Узбекистана при изменении скорости движения льда в заданном диапазоне. В качестве исходных использовались данные Каталога для ледников, расположенных в бассейнах рек Сурхандарья (Диахандара, Кштут, Казнок, Бодамистан-2), Кашкадарья (Северцова, Батырбай, Турткуйлюк), Пскем (Текеш, Баркраксай). Вычисления производились как для отдельных ледников, так и для «среднего» ледника, параметры которого представлены средними величинами характеристик ледников в данном бассейне. Использовались следующие параметры: высота конца языка ледника, высота фирновой линии, площадь абляции, высота близлежащей ГМС и средняя летняя температура воздуха на ней. Были приняты следующие допущения:

1. Максимальная скорость движения льда находится на высоте фирновой границы, минимальная - на конце языка ледника ($U=0$);
2. Скорость движения льда меняется линейно от фирновой линии к концу языка ледника.

Ориентировочные темпы изменения U во времени определялись по данным для л. Северцова, так как других данных о скорости движения ледников Узбекистана в настоящее время нет. За начальный момент был принят 1958 г., поскольку данные для этого

года опубликованы в Каталоге, за 1989 г., когда на леднике производились наблюдения за скоростью движения льда. В первом приближении изменение скорости движения льда за период 1958-1989 годы ΔU составляет 3,1 м/г. Средняя тенденция изменения скорости движения льда ΔU на профиле $H = 3494$ м. за год составила 0.1 м/г. Из-за отсутствия данных о скорости движения льда мы вынуждены были распространить эту тенденцию на остальные рассматриваемые ледники.

Был произведен расчет изменений площади ледников в упомянутых выше районах при изменении скорости движения льда на поперечных профилях, расположенных на высоте фирновой границы, от U_1 до U_2 . Согласно принятым темпам изменения скорости ΔU можно ориентировочно оценить период этого изменения, начиная с 1958 г. Полученные даты помещены в таблице 3.1.2 в графе «год редукации».

Таблица 3.1.2

**Изменение площадей оледенения в бас. рек Узбекистана
(с 1958г.)**

Бассейн	Ледник	U_2 , м/г	dL, км	Год редукации	*dS _{абл.}
Амударья (Сурхандарья)	Диахандара	1.2	0.25	2010	41
	Бадамистан	1.3	1.69	2110	80
	Кштут	0.8	0.68	2060	50
	Казнок	0.2	0.03	2070	50
Сырдарья (Пскем)	Текеш	1.1	0.40	2030	53
	Баркраксай	1.2	1.17	2090	78
Амударья (Кашкадарья)	Северцова	1.1	1.31	2100	76
	Батырбай	1.1	0.59	2060	63
	Турткуйлюк	1.4	1.19	2100	77

Примечание - * % от S_{абл}

По данным А.С. Щетинникова [96, 97], относящимся к 1980 году, были рассчитаны величины сокращения площади абляции средних ледников бассейнов рек Кашкадарья и Сурхандарья. Полученные величины сокращения площадей средних ледников помещены в таблице 3.1.3. Из данных таблицы 3.2 видно, что в бас. р. Сурхандарья к 2020 г. ожидается сокращение площади абляции ориентировочно на 40 %, что согласуется с полученными данными по частным бассейнам данного района. Согласно тем же расчетам, к

2060 г. ледники Сурхандарья потеряют площадь, примерно равную современной площади абляции.

Таблица 3.1.3

**Сокращение площадей "средних" ледников Узбекистана
(с 1980г.)**

Бассейн	U ₁ , м/г	U ₂ , м/г	dL, км	Год редукции	dS/S _{абл} , %
Кашкадарья	9.0	1.09	0.49	2060	58
Сурхандарья	6.0	0.96	0.19	2020	39

Динамика ледников определяет рельеф перигляциальной области, где они являются основным фактором ледового литогенеза, как поставщики обломочного материала (морены), причём количество последнего зависит от состава вмещающих пород, конфигурации окружающих склонов и тектонических структур. Вынесенная ледником морена откладывается у конца языка. Если сток с ледника достаточно велик, то моренный материал размывается и перераспределяется на пойме, нарушая целостность стадияльных дуг (т.н. открытый сток). Если же река не может вынести моренный материал, доставленный ледником, то накопление отложенной морены блокирует конец ледникового языка (т.н. закрытый сток) и может служить твёрдой составляющей гляциального селя [98].

Основными чертами ледников, представляющих потенциальную опасность гляциальных селей, является площадь не более 2.0 км², наличие большого количества абляционной морены на поверхности ледника, объем стока, не превышающий пороговой величины $V=9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, и дискретный тип сокращения. Эти характеристики соответствуют малому оледенению в районах повышенной тектонической активности. Таким образом, сопоставляя геологическую обстановку и распределение оледенения можно, используя выделенные критерии, определить объекты, представляющие наибольшую потенциальную селеопасность [99, 100]. Однако в настоящее время оледенение продолжает сокращаться. Как показывают наблюдения на опорных ледниках и многочисленные литературные источники, со времени создания Каталога [27] произошли внушительные трансформации ледников. Изменения оледенения идут по трём направлениям:

1. Малые ледники ($S < 0.5 \text{ км}^2$) находятся на грани исчезновения или переходят в разряд каменных глетчеров.
2. Ледники средних размеров ($0.5 < S < 2 \text{ км}^2$) уменьшаются до размеров малого оледенения и самобронировываются.
3. Крупные ледники горно - долинного типа ($S > 2 \text{ км}^2$) отделяют свои притоки и дробятся. Общая площадь их уменьшается при увеличении заморенности. Уменьшение объёма стока приводит к изменению типа выноса моренного материала (открытый тип выноса переходит в закрытый).

Из этого следует, что меняется степень селеопасности данных ледников, т.е. те ледники, которые раньше могли выносить свою морену за счёт высокой энергии оледенения и имели открытый сток, при сокращении теряют эту способность и начинают откладывать у своих языков мощные конечноморенные комплексы, приобретая закрытый сток. Это приводит к увеличению степени их селеопасности. Те же ледники, которые полностью деградировали и находятся в стадии трансформации в каменные глетчеры или уже сформировались в последние, селеопасность теряют. Например, в частном ледниковом бассейне Ханакасу, (бас. р. Акдарья) все формы малого оледенения полностью исчезли и в настоящее время селеопасности не представляют. С другой стороны л. Арчабаши (бас. р. Шахимардан) сократился почти вдвое [101], перешёл из разряда крупных в разряд средних селеопасных и явился в июне 1998 года одной из причин катастрофического селя в долине р. Шахимардансай.

Поскольку с деградацией оледенения происходят трансформации и в прилегающих к ледникам частях долин, постгляциальные типы рельефа, как и сами ледники, переходят от категории селеопасных к неселеопасным. Наибольшую селеопасность представляет зона недавно отступившего оледенения: тип рельефа моренно-аккумулятивный с возрастом менее 20 лет. В этой зоне на моренных комплексах согласно концепции развития приледниковых фитоценологических сукцессий [102] возможны только первые проявления травянистой растительности, не способствующие стабилизации субстрата. Следующая зона с возрастом отложений от 20 до 100 лет представлена аккумулятивным - флювиогляциально-аллювиальным рельефом в пойме и моренно- аккумулятивным рельефом на бортах долины. Эти типы рельефа менее селеопасны, поскольку на

моренных фрагментах в стороне от поймы прослеживаются значительные сукцессии травянистых и кустарниковых растений, способствующих стабилизации субстрата. Наиболее дистальная зона, с возрастом отложений в промежутке от 100 до 150 лет, представлена, в основном, моренно - аккумулятивным рельефом прежних фаз оледенения и древней, сивелированной мореной. В пределах оны формирования постгляциального рельефа эти типы рельефа представляют наименьшую опасность, поскольку согласно [102] именно этом промежутке

на моренных отложениях формируются древесные сообщества укрепляющие подстилающий субстрат своей корневой системой.

Контуры морен представляющие более древние фазы оледенения (ранние осцилляции МЛП и голоцен-четвертичные) или каменные глетчеры того-же периода [99], согласно концепции группы авторов, очагами гляциальных селей служить не могут.

Таким образом, период селевой активности у языков ледников определяется отрезком времени в 150 лет, с промежутком наибольшей активности в 100 лет. Все негативные природные процессы (сели, оползни и др.), выходящие за этот отрезок времени, будут иметь не гляциальный, а иной генезис (снегодождевой, солифлюкционный, криогенный).

В настоящее время, высокогорные ледники являются единственным не подверженным непосредственному загрязнению, хранилищем чистой воды в Средней Азии. Качественный состав ледниковых вод характеризует первоисточник формирования химического стока рек Памира и Тянь-Шаня, являясь основой поступающих на равнину вод. Какие-либо изменения химического состава ледников и стекающих из гляциальной области вод, особенно возможное ухудшение за счет загрязнения природной среды, приобретают особую важность в условиях Средней Азии, где уже сейчас наблюдается дефицит пресной воды.

Исследование гидрохимических особенностей различных ледников Средней Азии [103] позволило выявить следующее:

По мере продвижения от верховья ледника к его языку, степень минерализации льда увеличивается.

В осадочных породах содержание основных ионов тесно связано с высотой и расстоянием от языка ледника, в метаморфических породах эта связь существенно ослабевает, оставаясь значимой для НСО_3^- и Na^+ , а в изверженных породах практически отсутствует.

По прогнозу ЮНЕСКО в 21-веке ожидается острый дефицит пресной воды, особенно для аридных областей Земли. Республики Средней Азии Казахстан, Узбекистан, Туркменистан находятся в аридной зоне. Горы Средней Азии Тянь-Шань и Памир является зоной формирования большинства пресных вод аридной зоны. В высокогорье Тянь-Шаня и Памира сосредоточено 22000 ледников, общей площадью 18000 км². С этих гор берут начало крупнейшие реки Средней Азии Сырдарья, Зеравшан, Амударья. С середины XX века отмечается повсеместное отступление горных ледников. Исследования ряда гляциологов Средней Азии (Глазырин, Щетинников, Черкасов и др.) дают прогноз практически полного исчезновения в XXI веке оледенения Кашкадарьи и Сурхандарьи при существующем тренде климатических изменений. Большая часть горного оледенения Средней Азии представлена ледникам площадью от 2-4 км². Производятся с 70-х годов прошлого века постоянные исследования баланса ледников [104, 105].

Наблюдения за балансом массы горных ледников в Средней Азии относительно разрежены и часто прерывистые. Тем не менее ледники являются одними из самых важных компоненты высокогорной криосферы в регионе так как они сильно влияют на доступность воды в засушливых, континентальных и густонаселенные районы ниже по течению. Эти исследования обеспечивает надежную и непрерывную серию данных о балансе массы для наиболее репрезентативных ледников Тянь-Шаня и Памиро-Алая [105].

Баланс массы ледника показывает динамику ледника т.е. отступление или увеличение ледника по площади и объёму. Выяснение связи баланса массы ледника с водным балансом является важным моментом для деятельности народного и сельского хозяйства республики. Для исследования данного вопроса в качестве объекта исследования были выбраны ледники Баркракской группы, к тому же в 2016 году в целях мониторинга горных ледников Узбекистана сотрудниками отдел Гляциальной геологии Института геологии и геофизики им. Х.М.Абдуллаева в рамках проекта SICADA (Криосферные климатические данные для улучшения адаптации) с Университетом Фрибурга (Швейцария), на языковой части ледника Баркрак, на высоте 3400 м была установлена автоматическая метеостанция и камера для наблюдения за колебаниями снеговой линии.

Ледник Баркрак расположен в долине Ойгаинг в водосборе реки Пскем в Западном Тянь-Шане, Узбекистан. Площадь ледника Баркрак средний составляет 2,04 км². Для ледника Средний Баркрак существуют данные наблюдений за изменением длины с 1971 по 1990 год. В 2016 году была создана новая сеть наблюдения за балансом массы с 11 рейками (рис. 3.1.1) [106].

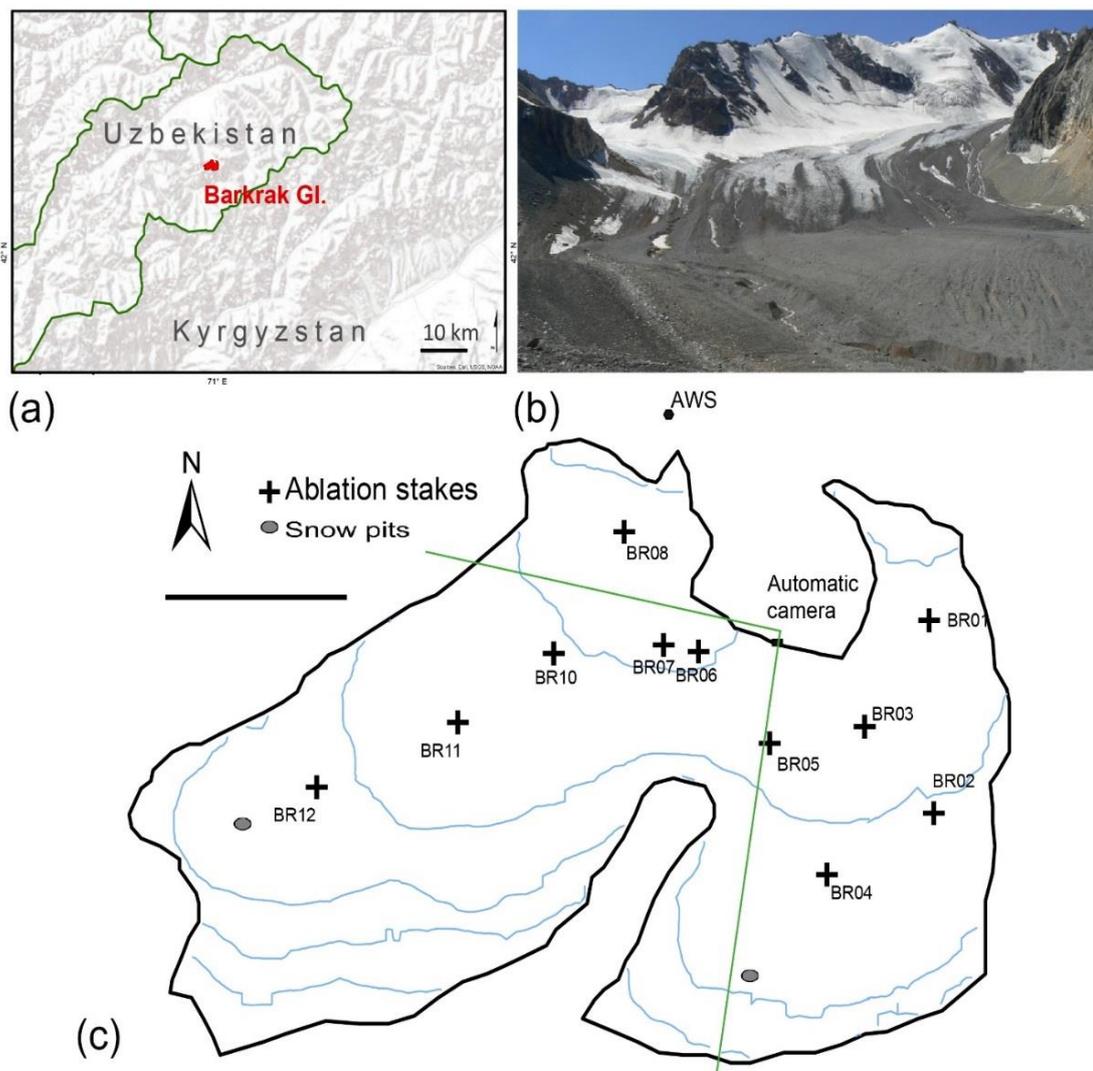


Рисунок 3.1.1 Наблюдательная сеть по балансу массы на леднике Баркрак Средний (Узбекистан).

Абляционные рейки распределены по всей зоне абляции чтобы обеспечить оптимальное представление о процессах таяния. Каждый год они бурятся для фиксированной локации. Определена плотность льда - 900 кг на м³. Снежные шурфы копаются и исследуются до конца предыдущего лета, чтобы измерить плотность снега и снегонакопление. Ежегодные полевые исследования

проводятся каждый балансовый год с начала июля до конца августа. Сводка новых годовых измерений помещена в таблицу 3.1.4

Таблица 3.1.4

**Годовые измерения баланса массы на леднике Баркрак
Средний**

Абляционные- аккумуляционные реки	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20
	Средний Баркрак (метр водного эквивалента)			
BR01	-0,99	-0,684	-1,09	-0,522
BR02	-1,10	-0,792	-1,25	-0,666
BR03	-1,30	-0,72	-0,67	-0,342
BR04	-0,72	-0,162	-0,81	-0,198
BR05	-1,02	-0,963	-0,96	-0,639
BR06	-0,83	-0,675	-0,95	-0,459
BR07	-1,80	-1,089	-1,26	-0,738
BR08	-2,00	-1,548	-1,84	-1,332
BR09	-1,68	-1,386	-2,02	-1,242
BR10	-1,52	-0,684	-	-1,098
BR11	-0,80	-	-	-
BR_acc1	0,985	0,970	0,490	0,120
BR_acc2	0,698	0,630	0,630	0,278
BR_acc3	-	-	-	0,429
Годовой баланс массы	-0,30	-0,23	-0,33	-0,28

Были использованы два метода: контурный и профильный. Оба метода могут применяться для расчета баланса массы. Баланс массы, определенный с помощью метода контурных линий для 2016/17 года в -0,30 (м в.э.) и с помощью метода профиля в -0,33 (м в.э.), соответственно. Для 2017/18 года соответствующие значения составляют -0,23 (м.в.э.) и -0,20 (м в.э.) и для 2018/19 года в -0,33 (м в.э.) и -0,48 (м в.э.) и также 2019/20 года в -0,28 (м в.э.) и -0,31 (м в.э.) соответственно. Следовательно, оба метода показывают похожие результаты.

Устойчивый отрицательный тренд баланса массы указывает, на продолжающуюся деградацию ледника Баркрак Средний и недополучения им осадков в твердой фазе.

3.2. Оценка изменений эколого-геохимическое состояния Чаткало-Кураминского региона

Решение экологических проблем сегодня становится приоритетным для обеспечения устойчивого развития промышленных территорий. Особенно это касается горнопромышленных регионов, где горнодобывающим предприятиям и обслуживающим их производствам принадлежит первое место, прежде всего по твердым отходам. Современные масштабы ландшафтных и экологических изменений природной среды в горнорудных районах связаны с преобладанием открытого способа добычи полезных ископаемых. Рост населения и связанное с ним интенсивное развитие промышленности, освоение новых сельскохозяйственных угодий и дальнейшее увеличение инфраструктуры ведет к необратимым изменениям окружающей среды. Оценка пространственно-временных масштабов этих изменений является на сегодняшний день одним из актуальных вопросов исследований современной естественной науки. Исследованию этих изменений на региональном уровне посвящена данная работа.

С использованием новой информации, полученной с применением современных методов исследования, рассмотрены теоретические вопросы, касающиеся экологической геохимии тяжелых и редких металлов в техногенных и природных ландшафтах в бассейнах рек Чирчик и Ахангаран Чаткало-Кураминского региона. Проведен эколого-геохимический анализ тяжелых металлов на иерархических уровнях организации экологических систем: отходы, атмосферные выбросы, стоки рудничных вод, тяжелые металлоиды, атмосферные осадки и аэрозольные частицы, почва, вода, растения. Основное внимание уделено эколого-геохимическим аспектам техногенных процессов - выявлению и изучению химических, минералогических, гидрохимических и биологических параметров, обуславливающих формирование крупных вторичных геохимических аномалий тяжелых и редких металлов. Проведение подобных исследований позволит разрешить

вопросы охраны окружающей среды и экологии горнопромышленных районов.

Основными задачами исследований являются: - оценка эколого-геохимическое состояние Чаткало-Кураминского региона; - выявление основные закономерностей последствий загрязнения атмосферы, поверхностных вод и почвенного покрова высокогорных и предгорных районов и деградации горного оледенения в бассейне реки Чирчик; - выяснение характера концентрации и миграции тяжелых и редких металлов в техногенных и природных ландшафтах и их влияние на экологию бассейна реки Ахангаран.

Район исследований охватывает предгорную зону насыщенную промышленностью и высокогорную зону, оставшуюся на сегодняшний день наименее затронутой антропогенным влиянием территорию Ташкентской области Республики Узбекистан (рис. 3.2.1). В Ташкентской области протекают реки Чирчик и Ахангаран правые притоки реки Сырдарьи, вдоль которых находятся города Газалкент, Чирчик, Ташкент, Янгиюль; Янгиабат, Ангрэн, Алмалык, Нурабад, Ахангаран, Пскент, Тойтепа.

Климат Чаткало-Кураминского региона относится к резкоконтинентальному типу. Среднее количество осадков по метеостанций Ташкент и Чарвак равно соответственно 360 и 730 мм. При этом в июле и августе осадков практически не бывает. Ливни бывают в теплое время года и способствуют формированию селей. Среднегодовые температуры уменьшаются с повышением местности и равны по метеостанции Ташкент +13°, Чарвак +12°, Чимган +8°C. Самый теплый месяц – июль, самый холодный – январь. Максимальная температура по метеостанции Ташкент -30°, -29°C. Продолжительность безморозного периода около 210 дней. Среднее число часов солнечного сияния в Ташкенте 2870 в год. Средне годовые скорости ветра обычно не превышают 3-4 м/с.

По территории Чаткало-Кураминского региона проходят две крупные реки – Чирчик и Ахангаран. Река Чирчик образуется слиянием рек Чаткала и Пскема, имеющих истоки на высотах 3000-4400 м. Длина её 225 км., площадь бассейна 14240 км². Чирчик относится к рекам снегово-ледникового питания. Главные притоки Чирчика - реки Чаткал, Пскем, Коксу, Угам. После выхода на равнину в Чирчик впадают справа Кызылсувсай, Галвасай, Аксакатасай, Паркентсай, Заркентсай. 55% чирчикской воды

составляют воды Чаткала, 36% - воды Пскема, 9% - воды Угама и других притоков. Реку Ахангаран образуют небольшие речки, стекающие с пологих склонов Чаткальского и Кураминского хребтов. В Ахангаран впадают Боксуксай, Туганбашсай, Шавазсай, Арашансай, Дукентсай, Карабаусай, Акчасай, Наугарзансай, Джигиристансай, Кайрагачсай, Бешсай, Нишбашсай, Гушсай, Ерташ, Саукбулак и др. На реке находятся Ахангаранское водохранилище и Ташкентское море (Тюябугузское вдхр.) Общая водосборная площадь р. Ахангаран 7710 км², длина его 236 км. Сток р. Ахангаран образуется в основном за счёт таяния сезонных снегов, заметное участки в питании реки принимают жидкие осадки. Среднегодовой расход р. Чирчик 224 м³/с, р. Ахангаран 29,7 м³/с, модуль стока р. Чирчик 20,6 л/с на 1 км², р. Ахангаран 17,6 л/с на 1 км².

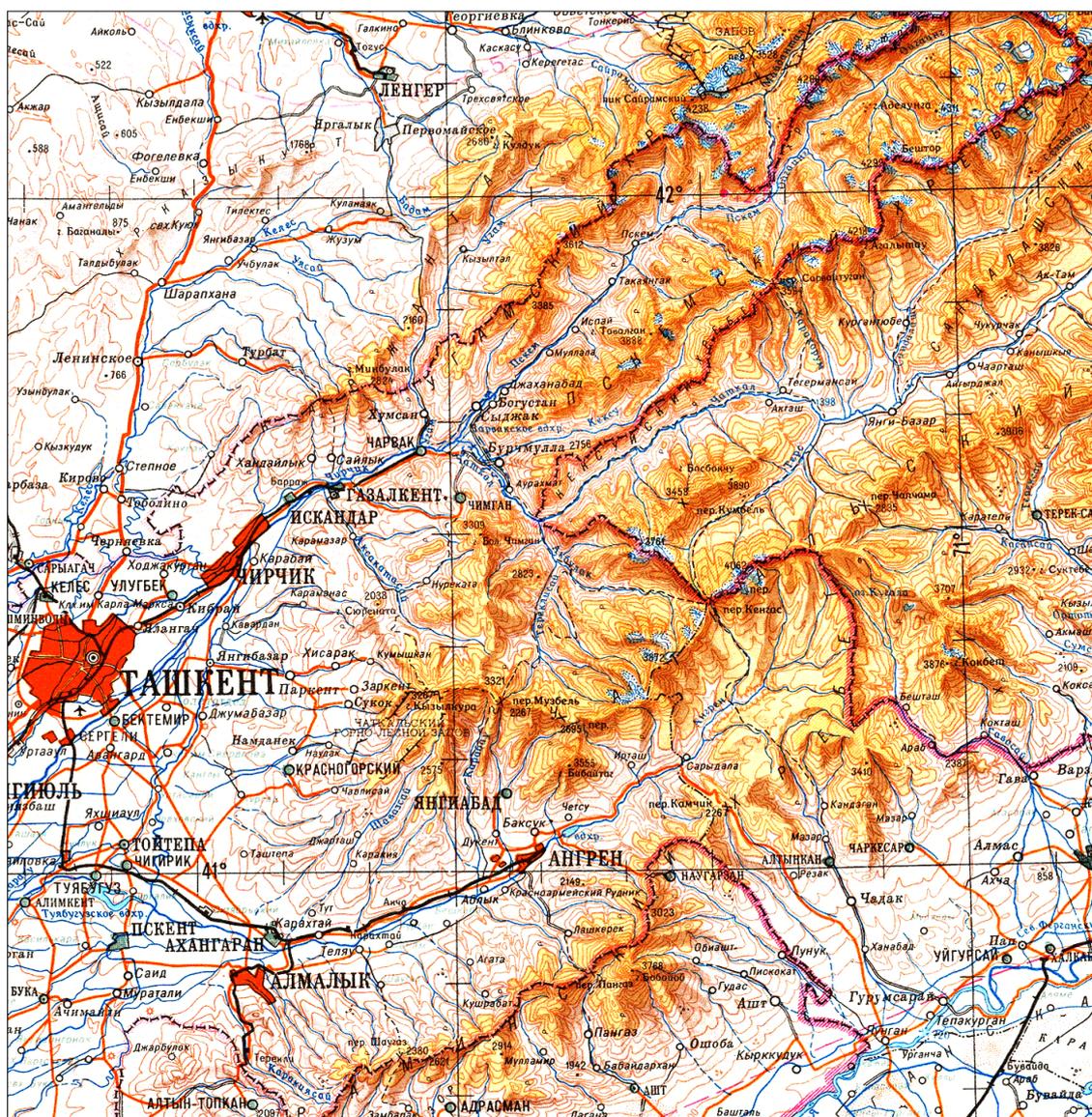


Рисунок 3.2.1. Карта района исследования.

Составляющая р. Чирчик – р. Пскем образуются слиянием рек Майдантал и Ойгаинг. Следует отметить, экспозиция р. Чирчик, и её составляющих Пскем и Чаткал, а также р. Ахангаран имеет с северо-востока на юго-запад. По долинам указанных рек четко выражена горно-долинная ветровая циркуляция т.е. днём ветер дует в горы, а ночью с гор.

В нижних частях долин рек Чирчик и Ахангаран распространены сероземы. Они орошаются с древних времен и превращены в культурные почвы. На высоте до 300-500 метров над уровнем океана распространены светлые сероземы (с содержанием 1-1,5 % гумуса). На высоте 500-1200 м - типичные и темные сероземы (содержащие 4-6 % гумуса). Эти почвы также почти полностью освоены, превращены в долинные окультуренные почвы. В горах на высоте 1200-2500 м распространены горные бурые, коричневые и горно-лесные почвы, в них содержится до 10% гумуса. В поясе высокогорных лугов на высоте свыше 2500 м развиты горно-луговые, горно-болотные, каменисто-галечниковые почвы.

На высоте 300-500 м, где развиты светлые и типичные сероземы, растут в основном эфемеры и эфемероиды: тюльпаны, полевой мак, осока, мятлик луковичный, ферула белая. На высоте 500-1200 м встречаются мятлик луковичный, пырей ползучий, василек-горчак, василек приплюснутый, желтый чай, из кустарниковых - боярышник, горная алыча, горький миндаль. На высоте 1200-2500 м Чирчик-Ахангаранской долины растительность состоит из различных трав: ковыль волосистый, типчак, эремурус, мальва; кустарников и деревьев: миндаль, боярышник, барбарис, арча, клен, дикая вишня, орехи, дикие яблони, алыча, тополь, ива, береза, ель и др. В горах на высоте свыше 2500 м климат более влажный и прохладный. Здесь распространены субальпийские и альпийские луга. Здесь произрастают кермек тонкоколосый, куйрук, герань, таран, альпийский тюльпан, дикий лук.

Методика и анализ данных: Эколого-геохимические исследования были основаны на изучении распределения и распространения тяжелых металлов в поверхностном слое почв. Они состоялись из определения геохимического фона, выявления геохимических аномалий и сравнения их (с – фоновое содержание этого элемента, мг/кг), и с предельно допустимыми концентрациями (ПДК и к кларк).

Определение геохимического фона, т.е. среднего содержания элементов, основано на статистическом анализе выборочного опробования. Существует два способа определения геохимического фона. Первый заключается в анализе эталонных выборок, которые характеризуют однородные фоновые площади. Он применяется в районах, не подверженных загрязнению. Его также используют в условиях незначительного техногенного воздействия, где можно найти площади с похожими, но не загрязнёнными ландшафтами.

Геохимические аномалии характеризуются повышенными, по сравнению с фоновыми, концентрациями тяжелых металлов.

В районе месторождений геохимические аномалии образуют первичные ореолы в горных породах, вторичные ореолы в почвах и рыхлых отложениях, потоки рассеяния в поверхностных водах и донных отложениях, ореолы рассеяния в подземных водах, биогеохимические ореолы. Помимо природных существуют геохимические аномалии, связанные с отвалами шахт, карьеров, отстойников, свалок и т.д. (в почвах, рыхлых и донных отложениях, в грунтовых водах и растительности).

Содержание химических элементов в почвах обычно нормируется через значения регионального биогеохимического фона, кларки литосферы и ПДК для почв одной геохимической ассоциации. Распределение подвижных форм элементов во многом определяется ландшафтно-геохимическими условиями. Особенно интенсивны аномалии металлов в почвах автономных ландшафтов и наветренных к техногенным источникам склонов, а также в на побережьях рек, озер и водохранилищ, куда загрязнители поступают с поверхностным, внутрпочвенным и грунтовым стоком.

Минеральный состав почв изучен рентгеновским методом. Дифракционные картины регистрировались на дифрактометре ДРОН и в фокусирующей рентгеновской камере с радиусом 114,6 мм. По результатам рентгеновского анализа, преобладающими глинистыми минералами являются гидрослюда (серицит, мусковит) и хлорит. Содержание каолинита в почвах невелико. Другие основные минеральные компоненты пород – кварц, щелочной полевой шпат, плагиоклаз, кальцит.

Характер распределения тяжелых металлов по почвенному профилю принципиально одинаков. Повышенные концентрации их отмечаются в верхнем горизонте. Таким образом, предварительный анализ полученных данных позволяет сделать вывод, что

Ахангаран-Чирчикский район следует считать одним из наиболее неблагоприятных в экологическом отношении. Содержание свинца, цинка, кадмия, меди, мышьяка и других элементов токсикантов в верхних слоях почв горно-промышленных территорий в несколько раз превышают их количества в подпочвенном горизонте (табл. 3.2.1- 3.2.3, рис. 3.2.2 - 3.2.3). По мере углубления содержание этих элементов резко падает. Этот факт распространяется не только на валовые концентрации, но и на подвижные формы. Наибольшее проникновение загрязнения на глубину отмечено для шурфов в районе хвостохранилище МОФ: 86 мг/кг по цинку, 30 мг/кг по меди и 12 мг/кг по кадмию на глубине 0,65 м. Таким образом, данные по распределению Pb, Cu, Zn и Cd по почвенным горизонтам свидетельствуют об общем росте мощности загрязненного слоя по сравнению с 1999 г., что видно по увеличению аномальных площадей на глубинах >0.25 м. На основе полученных результатов, на примере бассейнов рек Ахангаран и Чирчик, будут разработаны практические рекомендации по оценке и мониторингу эколого-геохимического состояния изучаемых территорий, подвергающихся интенсивно-нарастающему экологическому прессу в связи с загрязнением окружающей среды и изменением климата.

Одной из составляющих этих проблем является исследование состояния самой относительно чистой нивальной и перигляциальной зоны и влияние на них предгорной и равнинной территорий, где в последние годы увеличилась техногенная нагрузка до критических величин (почвы, поверхностные воды, атмосфера и т.д.).

Таблица 3.2.1

Распределение содержаний тяжелых металлов по почвенным горизонтам в районе хвостохранилище МОФ АГМК

Почвенный горизонт (в см)	Содержание, мг/кг				
	Pb	Zn	Cu	Cd	As
0 - 10	973	2064	1800	150	100
10 - 25	96	180	120	30	20
25 - 65	8	86	30	10	1
65 - 125	6	80	15	8	1

Таблица 3.2.2.

**Содержание тяжелых металлов в почвенных пробах отобранные по удалению от источника
загрязнения**

Расстояния от источника загрязнения (АГМК)	Содержание, мг/кг.																
	Cu	Zn	Pb	Sc	V	Cr	Co	Ni	Ga	Y	Nb	Rb	Sr	Zr	Ba	Th	U
100м	1116,7	3011,7	828,0	12,1	78,9	71,4	10,0	27,8	14,8	24,8	15,8	123,6	195,3	206,6	804,3	14,9	5,0
2 км	641,6	289,9	120,5	16,5	103,5	84,6	14,4	37,1	14,5	28,3	14,1	102,9	223,9	194,4	663,3	12,2	4,2
4 км	457,6	424,6	163,4	9,9	76,4	45,8	10,4	24,4	16,9	28,3	17,6	159,5	180,0	201,4	778,9	19,2	4,8
6 км	159,4	181,5	80,5	9,9	71,1	42,5	9,3	19,8	16,0	26,4	17,1	157,1	179,5	203,6	777,6	18,1	3,9
8 км	74,4	122,7	57,0	8,4	67,1	35,3	7,6	16,9	15,5	26,3	17,5	166,5	172,1	229,8	767,4	18,6	4,5
10 км	124,4	211,5	82,1	12,5	85,0	54,6	12,1	27,1	17,4	31,5	18,3	156,9	161,4	215,3	735,4	19,8	4,1
12 км	72,9	141,8	75,3	10,9	73,8	45,3	9,0	21,8	16,0	27,3	17,5	151,9	176,8	224,9	741,8	18,0	4,2
14 км	70,5	135,9	69,4	11,3	78,8	49,9	10,1	25,0	16,6	28,1	17,6	153,5	168,8	204,8	753,4	18,1	3,9
16 км	36,9	92,9	30,9	16,4	99,4	82,9	12,6	36,1	14,3	26,5	14,3	102,4	216,9	205,0	628,3	12,7	3,0
18 км	38,1	87,6	35,6	11,6	75,4	51,8	9,9	24,6	14,9	27,3	16,9	136,5	197,8	211,1	730,5	16,5	3,8

Таблица 3.2.3

Средние содержания (n=4) тяжелых и редких металлов в поверхностных слоях почв

№	Места отбора проб	Pb		Cu		Zn		Ni		Cr		V		Co	
		0-10см	10-20см	0-10см	10-20см	0-10см	10-20см	0-10см	10-20см	0-10см	10-20см	0-10см	10-20см	0-10см	10-20см
1	Тойтепа	25,0	26,5	37,8	31,2	72,4	73,1	76,1	28,0	40,8	32,8	52,4	50,6	7,64	7,22
2	Алмалык	110,8	95,3	49,3	42,9	127	117	44,7	39,2	69,9	65,9	84,2	85,4	12,7	12,7
3	Нурабад	108,5	28,9	37,4	25,8	175	70,1	76,2	49,0	63,4	54,9	80,6	80,2	10,8	11,0
4	Ангрен	44,8	35,0	33,8	32,9	116	106	61,5	55,0	87,7	86,2	107,3	104,0	15,5	15,4
5	Янгиабд	38,4	38,3	35,3	34,1	106	108	55,6	46,3	63,7	63,5	87,4	87,1	13,0	13,0
6	Чирчик	23,3	23,9	16,3	18,4	46,0	44,1	27,1	39,3	40,1	41,8	54,5	59,6	6,40	7,02
7	Аксаката	25,8	27,6	19,4	19,8	60,1	68,0	51,0	48,4	63,5	70,9	82,6	92,3	10,1	11,1
8	Галвасай	29,2	28,9	19,0	20,3	68,4	67,8	46,7	58,0	72,0	88,3	86,6	91,4	10,4	11,1
9	Чимган	38,8	28,2	15,4	15,1	74,5	59,2	73,6	46,4	72,9	63,1	55,4	64,1	7,08	8,36
10	Бурчимулла	31,5	23,4	18,6	20,2	96,1	71,9	56,8	64,7	79,5	75,2	87,7	93,9	10,9	12,2
11	Урунгах	38,0	40,5	23,7	21,3	110	106	93,7	72,5	92,2	85,8	110	106	14,6	14,6
12	Сиджак	18,8	19,4	15,0	17,7	53,3	58,5	45,5	45,6	64,4	61,4	78,8	84,7	10,1	10,6
13	Пскент	25,1	22,3	40,9	36,7	82,5	70,1	42,2	46,0	52,7	60,9	80,4	80,7	11,2	11,4
14	Яккатут	21,2	19,9	19,2	19,3	52,8	46,1	41,0	39,0	49,0	44,6	74,3	72,3	9,60	9,11
15	Урунгах озеро	43,9	36,7	19,0	20,5	139	133	67,4	68,6	72,1	62,9	68,4	77,2	9,2	10,1
№	Места отбора проб	Mo		W*		Cd		As		Bi		Th		U	
		0-10см	10-20см	0-10см	10-20см	0-10см	10-20см	0-10см	10-20см	0-10см	10-20см	0-10см	10-20см	0-10см	10-20см
1	Тойтепа	7,94	4,96	3,52	3,62	0,129	0,116	54,5	42,9	0,355	0,345	12,2	13,0	3,61	3,58
2	Алмалык	4,05	3,72	4,79	9,19	0,386	0,250	53,1	54,9	0,348	0,333	18,4	18,1	3,60	3,87
3	Нурабад	8,16	5,37	9,23	3,78	0,459	0,112	92,4	65,0	0,755	0,606	14,9	11,7	3,56	2,39
4	Ангрен	3,64	3,50	3,73	3,52	0,280	0,203	84,5	73,7	0,601	0,436	13,5	13,8	2,79	2,55
5	Янгиабд	3,24	3,07	4,48	4,43	0,249	0,245	69,8	59,4	0,512	0,418	13,3	13,6	2,68	2,73
6	Чирчик	10,0	8,19	7,17	2,62	0,163	0,160	47,1	44,7	0,545	0,494	19,2	20,0	2,78	3,24
7	Аксаката	6,99	7,57	2,45	2,81	0,188	0,193	64,5	77,1	0,179	0,190	18,2	19,5	2,41	2,50
8	Галвасай	8,23	7,10	2,51	2,52	0,226	0,215	53,8	55,7	0,230	0,262	18,2	18,6	2,25	2,13
9	Чимган	8,14	7,06	1,95	3,36	0,279	0,141	23,4	24,5	0,251	0,252	47,7	41,0	4,40	4,34
10	Бурчимулла	7,50	7,72	3,32	2,42	0,159	0,155	48,3	43,8	0,175	0,136	17,2	18,2	2,41	2,62
11	Урунгах	7,64	5,78	2,27	2,07	0,260	0,207	53,9	54,0	0,913	0,545	18,6	17,5	2,43	2,27
12	Сиджак	26,7	6,00	3,78	2,17	0,109	0,104	33,8	34,9	0,924	1,14	17,4	18,0	2,19	2,31
13	Пскент	3,76	3,53	2,81	2,34	0,173	0,124	44,5	44,8	0,200	0,172	13,1	13,1	2,75	2,66
14	Яккатут	4,98	4,68	2,16	2,00	0,111	0,132	168	78,3	0,222	0,217	16,7	16,4	2,21	2,19
15	Урунгах озеро	8,62	6,80	1,68	1,81	0,369	0,344	32,3	40,1	0,215	0,196	12,3	13,6	1,75	2,05

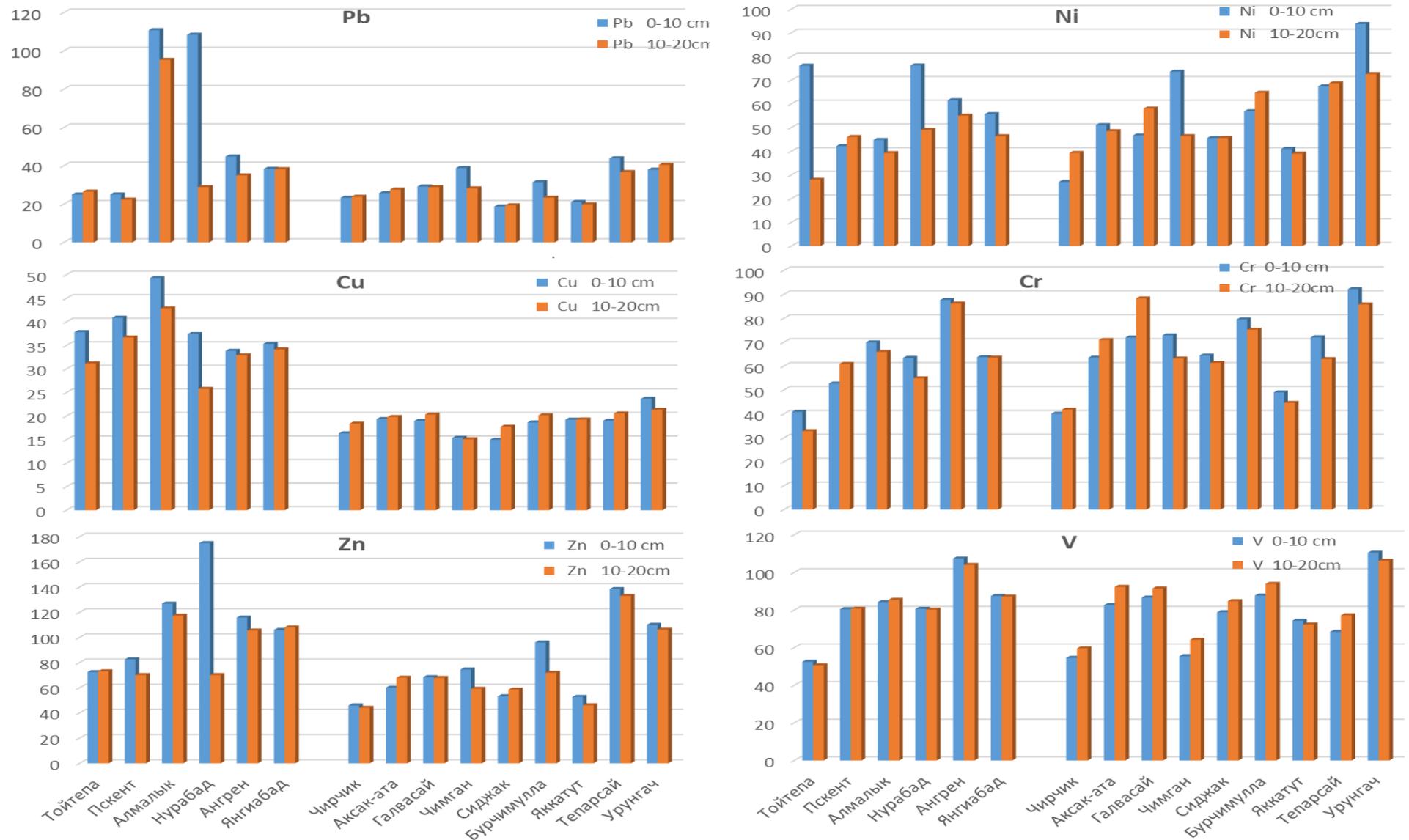


Рис.3.2.2. Распределение средних содержаний (n=4) Pb, Ni, Cu, Cr, Zn и V в поверхностных почвах (0-10 см, 10-20 см) Чаткало-Кураминского региона (результаты масс-спектрометрического анализа ICP MS) в мг/кг.

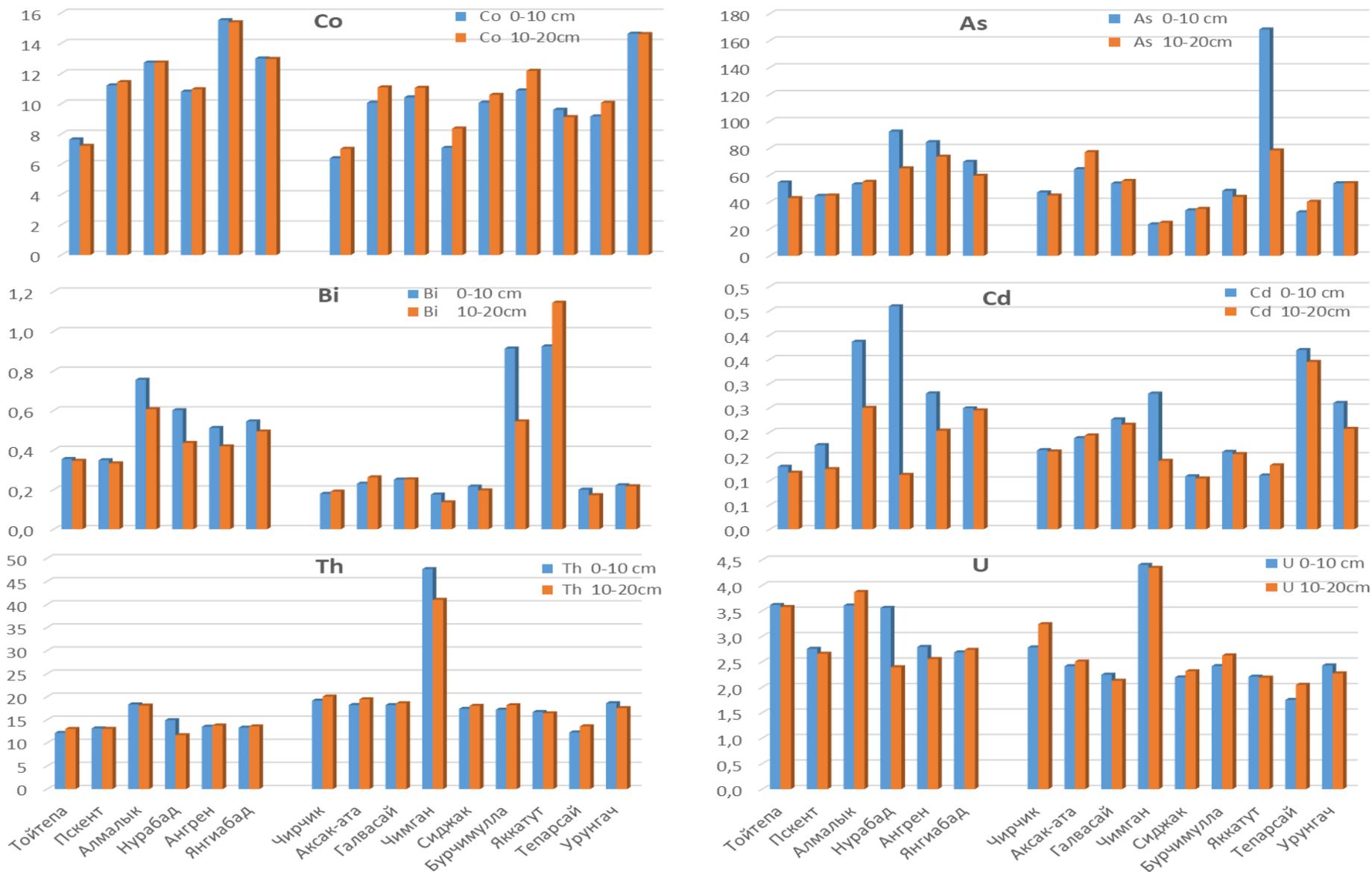


Рис.3.2.3. Распределение средних содержаний (n=4) Co, As, Bi, Cd, Th и U в поверхностных почвах (0-10 см, 10-20 см) Чаткало-Кураминского региона (результаты масс-спектрометрического анализа ICP MS) в мг/кг.

В последующем исследовании приводились опробования эколого-геохимических проб для обследования состояния почв, растительности и вод Чаткало-Кураминского региона по двум профилям в бассейнах рек Чирчик и Ахангаран. Продольный профиль вдоль р. Ахангаран начинался от г. Тойтепа и далее вверх по руслу реки до Ангренского плато Арашансай. По профилю р. Ахангаран было опробовано 13 точек, по р. Чирчик 7, из каждой точки собраны пробы почв, растения, воды с дубликатом для усреднения результатов анализа. Всего отобраны $(20 \times 3) \times 2 = 120$ проб (рис. 3.2.4.).

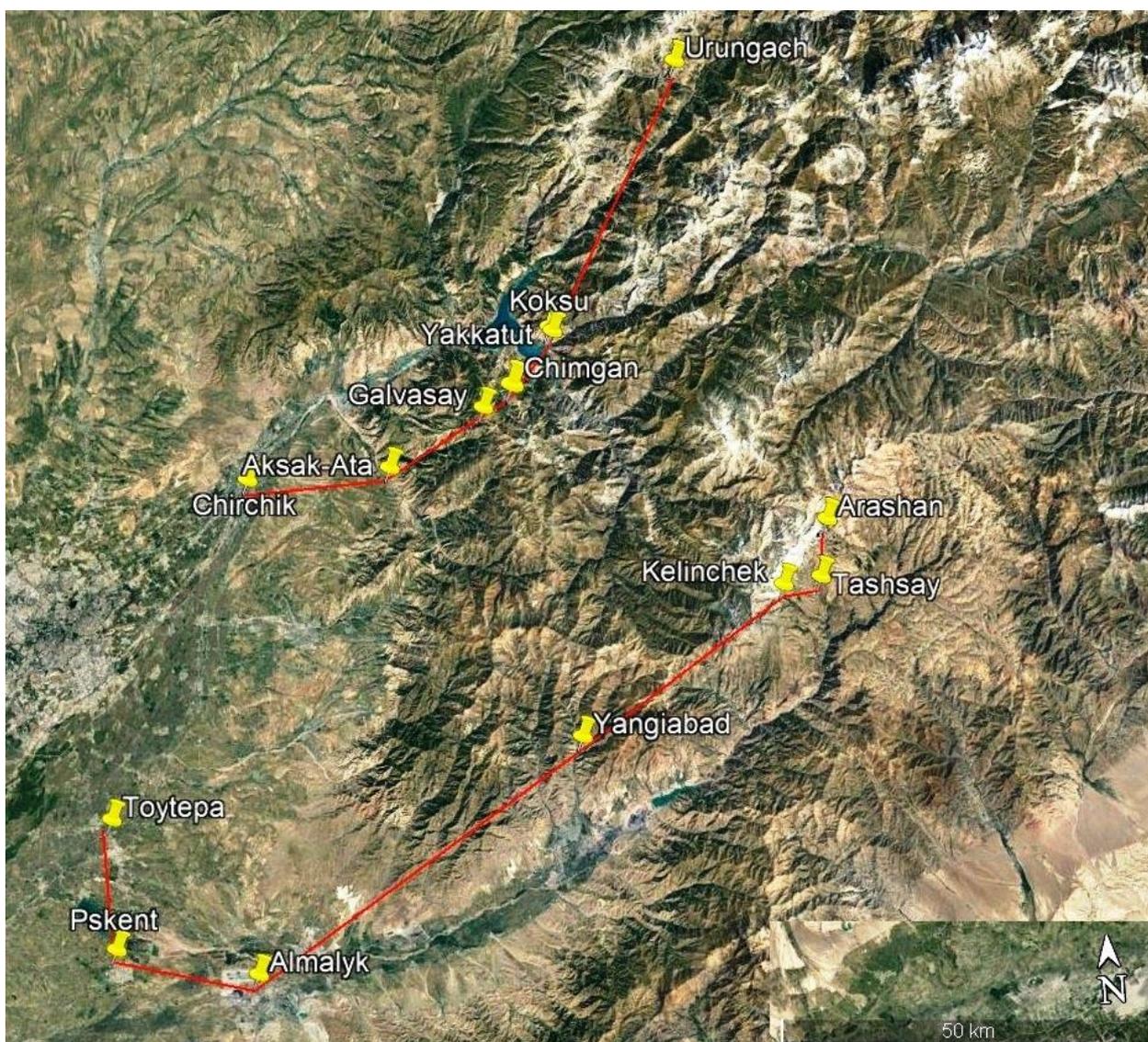


Рисунок 3.2.4. Схема отбора проб Чаткало-Кураминского региона.

Таблица 3.2.4.

Содержание тяжелых металлов в поверхностном слое почв по геохимическим профилям I- Алмалык-Арашансай и II- Чирчик-Урунгатсай (мг/кг).

<i>I-профиль</i>	Cu	Zn	Pb	Bi	As	Cd	Th	U
I-A (Алмалык)	57,6	139,6	61,4	0,62	66,5	0,23	15,9	5,47
I-B (Нурабад)	68	97,4	50,1	0,73	49,3	0,18	13,9	3,59
I-C (Ангрен)	29,4	79,2	25	0,36	44,5	0,09	11,8	2,5
I-D (Янгиабад)	54,1	161	90,6	0,47	62,6	0,17	11,8	7,94
I-E (Келинчек)	29,2	143	53	0,59	34,8	0,25	29,7	11,4
I-F (Ташсай)	25,2	115	48,1	0,86	45,8	0,31	46,7	4,75
I-G (Аршансай)	23,3	139	38,4	0,74	24,7	0,17	75	18,9
<i>II-профиль</i>								
II-H (Чирчик)	30,5	58,4	32	0,37	27,9	0,1	12,5	2,9
II-I (Аксаката)	33,3	97,9	31,3	0,46	30,9	0,1	13,5	2,3
II-K (Галвасай)	29,2	82,8	29,3	0,32	34,4	0,08	17,7	3,25
II-L (Чимгансай)	37	89,2	32,6	0,71	43,2	0,12	13,8	2,05
II-M (Коксу)	30	81,6	30	0,62	44,7	0,12	9,96	1,84
II-N (Урунгатсай)	44,4	154,6	38,2	0,43	57,5	0,16	11,7	1,91

Изучение распределения валовых содержаний основных рудных элементов в почвенных проб по удалению от источников загрязнения показало стабильное, иногда достаточно резкое, падение абсолютных содержаний Pb, Cu, Zn, Cd и As, что подтверждает техногенную природу выявленных аномалий (табл. 3.2.2-3.2.5, рис. 3.2.5 – 3.2.6.). Максимальные концентрации тяжелых металлов приурочены к верхним слоям почвенного разреза. Отсутствие корреляции между содержаниями тяжелых металлов и органического углерода так же позволяет говорить, что высокие содержания тяжелых металлов в верхнем горизонте почв связаны не с аккумуляцией гумуса, а с техногенным воздействием.

Содержания некоторых редких (Nb, Rb, Zr) и редкоземельных (Ce, Y, La, Pr, Nd, Sm, Gd, Dy, Er, Yb, Lu, Tb, Ho, Th) металлов в почвах опробованных в точках геохимических наблюдений в Арашан, Ташсай, Келинчек сильно отличаются их содержание в почвенных пробах остальных точках опробования (рис. 3.2.7).

Кларки концентраций тяжелых, редких и рассеянных металлов в почвенных пробах отобранные в Чаткало-Кураминском регионе тоже показывают загрязнение предгорных и горных зон вблизи горнопромышленных территорий (Чирчик, Алмалык, Ангрен,

Янгиабад) тяжелыми металлами (Pb, Cd, Zn, Cu, As). Содержания U, Th и редкоземельных металлов показывали высокие Кк в Участках Арашан, Ташсай и Келинчек. (табл.3.2.6).

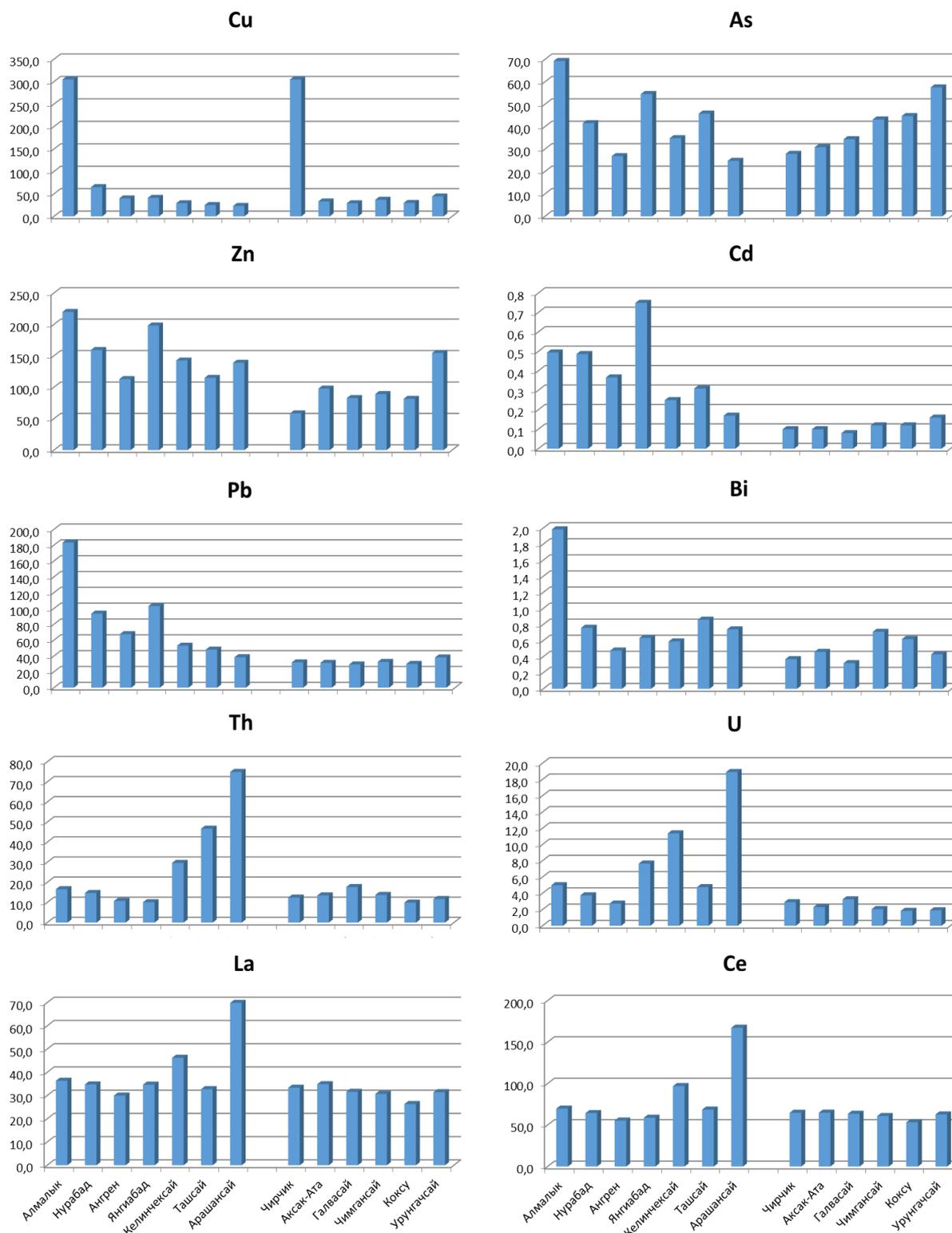


Рис. 3.2.5. Распределения содержание тяжелых металлов в почвах по профилям I- Алмалык-Арашансай и II- Чирчик-Урунгансай (мг/кг).

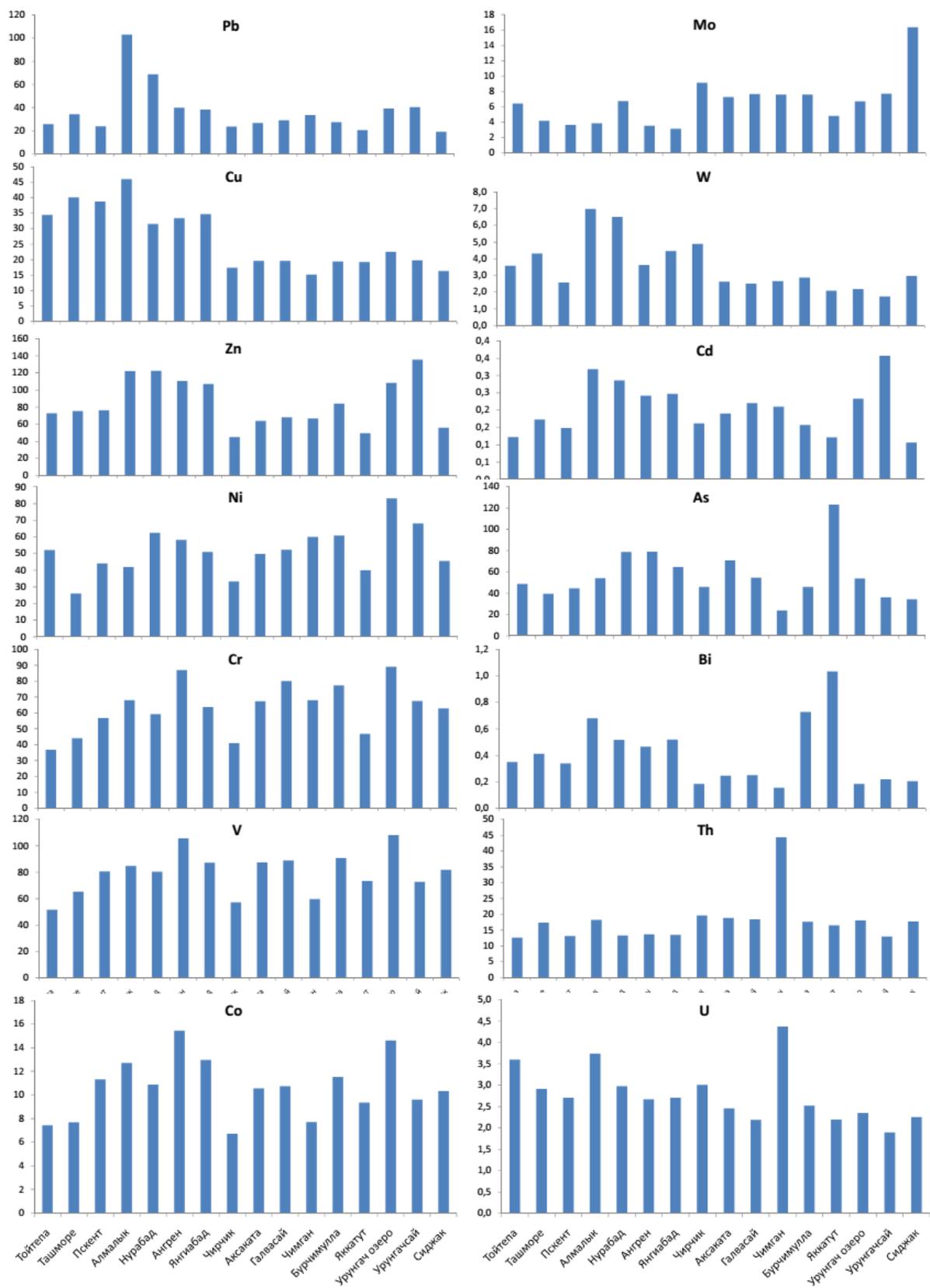


Рис. 3.2.6. Распределение средних содержаний (n=4) тяжелых и редких металлов в поверхностных почвах Чаткало-Кураминского региона (результаты масс-спектрометрического анализа ICP MS) мг/кг.

Таблица 3.2.5

Таблица 3.2.5. Средние содержания (n=4) тяжелых и редких металлов в почвенных пробах Чаткало-Кураминского региона (результаты масс-спектрометрического анализа ICP MS) мг/кг

№	Места отбора	Pb	Cu	Zn	Ni	Cr	V	Co	Mo	W	Cd	As	Bi	Th	U
	кларки*	16	47	83	58	83	90	14,1	1,1	1,3	0,13	1,7	0,009	13	2,5
1	Тойтепа	25,8	34,5	72,8	52,0	36,8	51,5	7,4	6,4	3,6	0,1	48,7	0,4	12,6	3,6
2	Ташморе	34,2	40,1	75,5	26,0	44,0	65,3	7,68	4,18	4,31	0,173	39,5	0,4	17,4	2,92
3	Пскент	23,7	38,8	76,3	44,1	56,8	80,6	11,3	3,6	2,6	0,1	44,7	0,3	13,1	2,7
4	Алмалык	103,1	46,1	122,1	42,0	67,9	84,8	12,7	3,9	7,0	0,3	54,0	0,7	18,2	3,7
5	Нурабад	68,7	31,6	122,6	62,6	59,2	80,4	10,9	6,8	6,5	0,3	78,7	0,5	13,3	3,0
6	Ангрен	39,9	33,4	110,7	58,3	86,9	105,7	15,5	3,6	3,6	0,2	79,1	0,5	13,6	2,7
7	Янгиабад	38,3	34,7	107,0	51,0	63,6	87,3	13,0	3,2	4,5	0,2	64,6	0,5	13,4	2,7
8	Чирчик	23,6	17,3	45,1	33,2	40,9	57,1	6,7	9,1	4,9	0,2	45,9	0,2	19,6	3,0
9	Аксаката	26,7	19,6	64,1	49,7	67,2	87,4	10,6	7,3	2,6	0,2	70,8	0,2	18,8	2,5
10	Галвасай	29,0	19,6	68,1	52,3	80,1	89,0	10,7	7,7	2,5	0,2	54,7	0,3	18,4	2,2
11	Чимган	33,5	15,2	66,9	60,0	68,0	59,8	7,7	7,6	2,7	0,2	23,9	0,2	44,3	4,4
12	Бурчимулла	27,4	19,4	84,0	60,8	77,4	90,8	11,5	7,6	2,9	0,2	46,0	0,7	17,7	2,5
13	Яккатут	20,5	19,2	49,4	40,0	46,8	73,3	9,4	4,8	2,1	0,1	123,3	1,0	16,5	2,2
14	Урунгах озеро	39,2	22,5	108,2	83,1	89,0	108,3	14,6	6,7	2,2	0,2	53,9	0,2	18,1	2,3
15	Урунгахсай	40,3	19,8	135,8	68,0	67,5	72,8	9,6	7,7	1,7	0,4	36,2	0,2	12,9	1,9
16	Сиджак	19,1	16,4	55,9	45,6	62,9	81,8	10,3	16,4	3,0	0,1	34,3	0,2	17,7	2,3

Таблица 3.2.6.

Распределения Кларк-концентраций (Кк) тяжелых, редких и радиоактивных металлов в почвах по профилю Тойтепа-Келинчек (Чаткало-Кураминский регион, Узбекистан) (мг/кг)

Элемент	Символ	Кларк почв*	Тойтепа	Пекент	Алмалык	Нурабад	Ангрен	Янгиабад	Чирчик	Аксаката	Урknгачсай	Коксу	Чимгансай	Галвасай	Арашансай	Ташсай	Келинчек
Тяжелые металлы																	
Свинец	Pb	1	45	44	183	94	68	103	32	31	38	30	33	29	38	48	53
Кадмий	Cd	0	20	40	100	100	80	160	20	20	40	20	20	20	40	60	60
Цинк	Zn	5,0	4,1	4,7	8,8	6,4	4,5	7,9	2,3	3,9	6,2	3,3	3,6	3,3	5,6	4,6	5,7
Медь	Cu	2,0	8,4	11,7	76,3	16,3	10,0	10,3	76,3	8,3	11,1	7,5	9,3	7,3	5,8	6,3	7,3
Никель	Ni	4,0	1,5	2,0	1,5	1,7	2,3	2,1	1,0	2,3	3,6	2,5	2,4	2,5	2,3	1,0	1,9
Хром	Cr	20,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Мышьяк	As	0,5	134	210	277	166	107	218	112	124	230	179	173	138	99	183	139
Олово	Sn	1,0	2,6	2,8	4,1	3,4	3,0	5,5	27,5	2,8	3,4	2,6	2,6	2,7	8,6	8,3	5,5
Редкие металлы																	
<i>Легкие</i>																	
Литий	Li	3,0	3,0	3,6	4,0	6,0	4,2	3,7	2,1	3,5	4,9	3,5	3,7	3,8	7,8	2,8	5,3
Рубидий	Rb	10,0	1,0	1,1	1,4	1,3	1,0	1,1	0,9	1,2	1,2	0,9	1,0	1,0	2,1	1,9	1,6
Цезий	Cs	0,5	23,2	25,6	34,8	44,0	22,4	48,4	16,8	25,2	30,4	22,4	24,4	23,2	44,0	28,0	35,2
Бериллий	Be	0,6	5,6	5,8	7,8	8,1	6,1	6,1	4,2	6,1	6,4	4,4	5,0	5,3	14,7	17,2	8,9
Стронций	Sr	30,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
<i>Тугоплавкие</i>																	
Цирконий	Zr	30,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,1
Ванадий	V	10,0	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,7	0,7	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,7	0,2	1,1
Ниобий	Nb	3,0	1,3	1,4	1,7	1,7	4,5	1,5	1,4	1,6	1,5	1,2	1,4	1,7	10,8	7,6	4,2
Тантал	Ta	1,7	0,3	0,3	0,4	0,4	1,0	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	1,8	2,0	0,7
Молибден	Mo	0	58	60	138	203	88	175	50	55	55	60	68	68	80	113	205

Вольфрам	W	1,3	3,5	1,8	2,8	10,1	2,2	4,0	1,8	1,8	1,5	2,3	1,8	2,0	3,0	4,9	9,9
<i>Рассеянные</i>																	
Галлий	Ga	3,0	1,5	1,6	1,9	2,0	1,7	1,6	1,2	1,9	2,1	1,6	1,7	1,8	2,9	2,6	2,3
Индий	In	0,3	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	3,2	0,0	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Таллий	Tl	1,0	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,9	0,5	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,7	1,0	0,8
Гафний	Hf	1,0	2,1	2,2	2,9	2,7	2,4	2,3	2,9	2,7	2,4	1,9	2,2	3,9	8,7	6,4	2,9
Редкоземельные																	
Скандий	Sc	0,7	16,9	19,6	19,4	23,3	22,9	19,4	14,5	22,0	28,0	21,4	22,0	23,1	21,6	9,6	27,8
Иттрий	Y	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Лантан	La	4,0	1,9	1,9	2,3	2,2	1,9	2,2	2,1	2,2	2,0	1,7	1,9	2,0	4,4	2,1	2,9
Церий	Ce	5,0	2,3	2,4	2,8	2,6	2,2	2,4	2,6	2,6	2,5	2,1	2,4	2,5	6,7	2,7	3,9
Празеодим	Pr	9,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
Неодим	Nd	37,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Самарий	Sm	8,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
Европий	Eu	1,3	0,5	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,6	0,7	0,7	0,6	0,4	0,6
Гадолиний	Gd	8,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
Тербий	Tb	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
Диспрозий	Dy	5,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,5	0,3	0,3
Гольмий	Ho	1,7	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,9	0,6	0,4
Эрбий	Er	3,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7	0,5	0,3
Тулий	Tm	0,3	4,1	4,1	5,5	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	5,5	4,1	4,1	5,5	17,8	11,0	6,9
Иттербий	Yb	0,3	17,4	18,4	21,1	20,2	17,4	18,4	18,4	20,2	20,2	16,5	19,3	22,0	78,1	54,2	35,8
Лютеций	Lu	0,8	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	2,0	1,4	0,9
Радиоактивные																	
Торий	Th	8,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	1,1	0,7	0,5
Уран	U	2,3	0,5	0,5	0,9	0,7	0,5	1,4	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4	0,6	3,6	0,9	2,2

*Виноградов А.П. Закономерности распределения химических элементов в земной коре (рус.)//Геохимия. -1956.- Вып.1.-С. 6-52.

Таблица 3.2.7.

Распределения Кларк-концентраций (Кк) тяжелых, редких и радиоактивных металлов в почвах по геохимическому профилю Тойтепа-Келинчек (Чаткало- Кураминский регион) (мг/кг)

Элемент	Символ	Taylor (1964)*	Тойтепа	Пскент	Алмалык	Нурабад	Ангрен	Янгибад	Чирчик	Аксакага	Урknгачсай	Коксу	Чимгансай	Галвасай	Арашансай	Тапсай	Келинчексай
Тяжелые металлы																	
Свинец	Pb	12,5	3,6	3,5	14,7	7,5	5,4	8,2	2,6	2,5	3,1	2,4	2,6	2,3	3,1	3,8	4,2
Кадмий	Cd	0,2	0,5	1,0	2,5	2,5	2,0	4,0	0,5	0,5	1,0	0,5	0,5	0,5	1,0	1,5	1,5
Цинк	Zn	70	1,5	1,7	3,1	2,3	1,6	2,8	0,8	1,4	2,2	1,2	1,3	1,2	2,0	1,6	2,0
Медь	Cu	55	0,6	0,8	5,5	1,2	0,7	0,7	5,5	0,6	0,8	0,5	0,7	0,5	0,4	0,5	0,5
Никель	Ni	75	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5	0,4	0,2	0,5	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,2	0,4
Хром	Cr	100	0,6	0,6	0,9	0,8	0,6	0,6	0,4	0,8	1,1	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9
Мышьяк	As	1,8	18,6	29,2	38,5	23,1	14,9	30,3	15,5	17,2	31,9	24,8	24,0	19,1	13,7	25,4	19,3
Сурьма	Sb	0,2	7,5	11,5	26,0	15,0	10,5	18,0	8,5	9,0	10,0	7,0	7,0	6,0	4,5	6,5	8,0
Олово	Sn	2	1,3	1,4	2,1	1,7	1,5	2,8	13,8	1,4	1,7	1,3	1,3	1,4	4,3	4,2	2,8
Висмут	Bi	0,17	2,9	2,9	11,8	4,7	2,9	3,5	2,4	2,9	2,4	3,5	4,1	1,8	4,1	5,3	3,5
Редкие металлы																	
<i>Легкие</i>																	
Литий	Li	20	1,4	1,6	1,8	2,7	1,9	1,7	1,0	1,6	2,2	1,6	1,7	1,7	3,5	1,2	2,4
Рубидий	Rb	90	1,1	1,2	1,6	1,5	1,1	1,3	1,0	1,3	1,4	1,0	1,2	1,1	2,3	2,1	1,8
Цезий	Cs	3	1,9	2,1	2,9	3,7	1,9	4,0	1,4	2,1	2,5	1,9	2,0	1,9	3,7	2,3	2,9
Бериллий	Be	2,8	0,7	0,8	1,0	1,0	0,8	0,8	0,5	0,8	0,8	0,6	0,6	0,7	1,9	2,2	1,1

Стронций	Sr	375	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,6	0,4	0,3	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,5
<i>Тугоплавкие</i>																	
Титан	Ti	5700	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,4	0,9
Цирконий	Zr	165	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5	0,4	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,6	1,5	1,0	0,5
Ванадий	V	135	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,2	0,8
Ниобий	Nb	20	0,6	0,6	0,7	0,8	2,0	0,7	0,6	0,7	0,7	0,5	0,6	0,8	4,8	3,4	1,9
Тантал	Ta	2	0,5	0,5	0,6	0,6	1,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,7	2,7	3,0	1,1
Молибден	Mo	1,5	1,5	1,6	3,7	5,4	2,3	4,7	1,3	1,5	1,5	1,6	1,8	1,8	2,1	3,0	5,5
Вольфрам	W	1,5	3,9	2,0	3,1	11,3	2,5	4,5	2,0	2,0	1,7	2,6	2,0	2,2	3,4	5,5	11,2
<i>Рассеянные</i>																	
Галлий	Ga	15	0,9	0,9	1,2	1,2	1,0	0,9	0,7	1,2	1,3	0,9	1,0	1,1	1,7	1,6	1,4
Индий	In	0,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Таллий	Tl	0,45	1,1	1,1	1,3	1,6	1,6	2,0	1,1	1,3	1,3	0,9	0,9	0,9	1,6	2,2	1,8
Гафний	Hf	3	0,7	0,7	1,0	0,9	0,8	0,8	1,0	0,9	0,8	0,6	0,7	1,3	2,9	2,1	1,0
Селен	Se	0,05	66,0	52,0	54,0	46,0	62,0	54,0	58,0	64,0	50,0	52,0	44,0	48,0	52,0	32,0	46,0
Теллур	Te	0,01	10,0	10,0	80,0	30,0	10,0	10,0	10,0	10,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	20,0	10,0
<i>Редкоземельные</i>																	
Скандий	Sc	22	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,2	0,6
Иттрий	Y	33	0,5	0,6	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	2,2	1,3	1,0
Лантан	La	30	1,0	1,0	1,2	1,2	1,0	1,2	1,1	1,2	1,0	0,9	1,0	1,1	2,3	1,1	1,5
Церий	Ce	60	0,9	1,0	1,2	1,1	0,9	1,0	1,1	1,1	1,0	0,9	1,0	1,1	2,8	1,1	1,6
Празеодим	Pr	8,2	0,8	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,1	1,0	0,8	0,9	1,0	2,2	1,0	1,3
Неодим	Nd	28	0,9	1,0	1,1	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,1	0,9	1,0	1,1	2,1	1,1	1,4
Самарий	Sm	6	0,8	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9	0,7	0,8	0,9	1,9	1,1	1,3
Европий	Eu	1,2	0,8	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8	0,9	1,1	1,1	0,8	0,9	0,9	0,8	0,5	0,8
Гадолиний	Gd	5,4	0,8	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	0,8	0,9	0,9	2,2	1,3	1,3
Тербий	Tb	0,9	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,9	0,7	0,7	0,8	2,2	1,3	1,1
Диспрозий	Dy	3	1,1	1,3	1,5	1,4	1,3	1,4	1,2	1,5	1,5	1,2	1,4	1,4	4,6	2,7	2,9

Гольмий	Ho	1,2	0,5	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	2,3	1,4	1,1
Эрбий	Er	2,8	0,7	0,7	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,7	0,9	2,9	1,8	1,3
Тулий	Tm	0,48	0,6	0,6	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,6	0,6	0,8	2,7	1,7	1,0
Иттербий	Yb	3	0,6	0,7	0,8	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,8	2,8	2,0	1,3
Лютеций	Lu	0,5	0,6	0,6	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	2,6	1,8	1,2
Радиоактивные																	
Торий	Th	9,6	1,5	1,4	1,7	1,5	1,1	1,1	1,3	1,4	1,2	1,0	1,4	1,8	7,8	4,9	3,1
Уран	U	2,7	1,0	1,0	1,9	1,4	1,0	2,8	1,1	0,9	0,7	0,7	0,8	1,2	7,0	1,8	4,2

**Taylor S. R.* Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table (англ.) // *Geochimica et Cosmochimica Acta.* — 1964. — August (vol. 28, no. 8). — P. 1273—1285.
— DOI:10.1016/0016-7037(64)90129-2. — Bibcode: 1964GeCoA..28.1273T

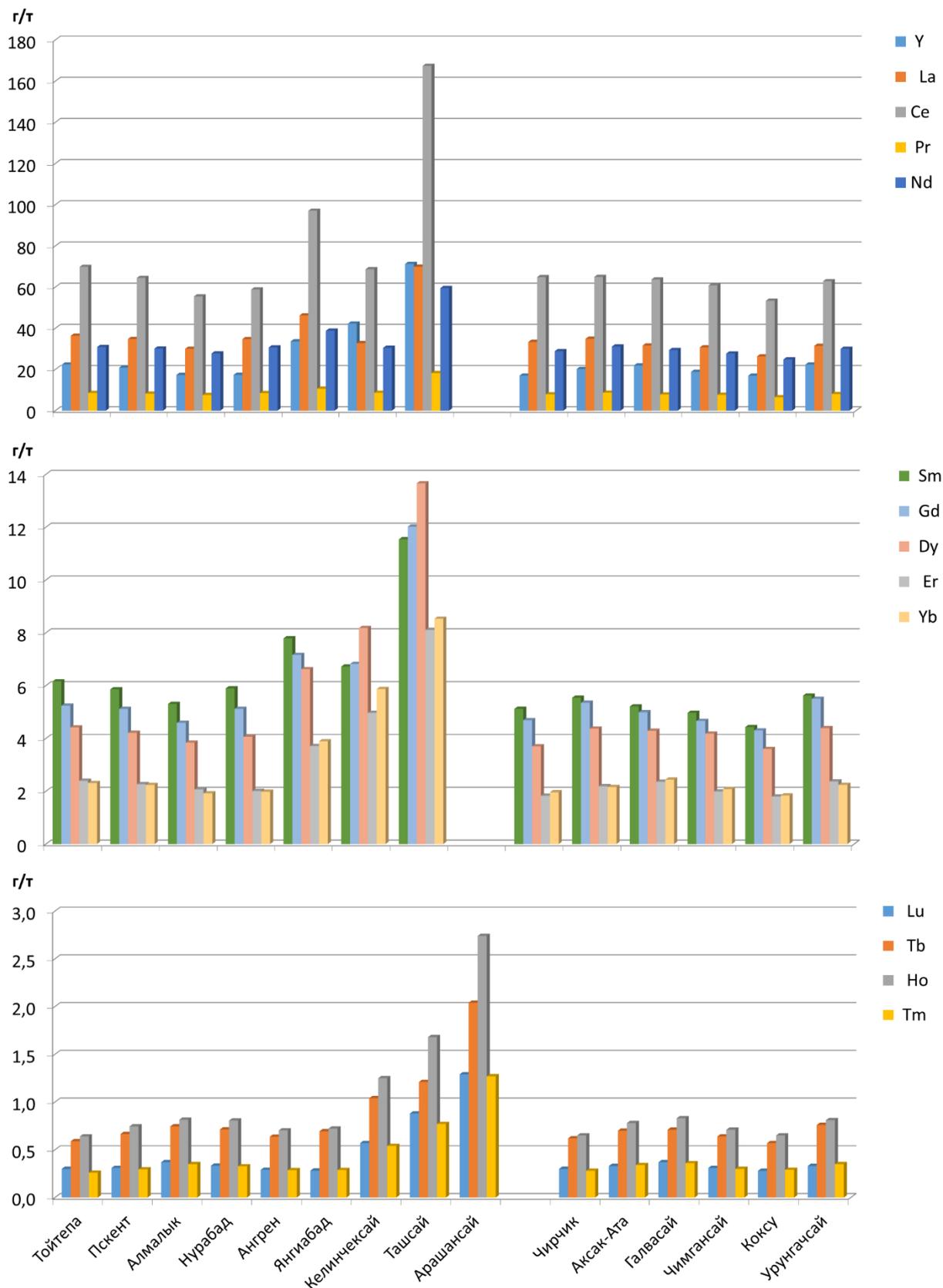


Рисунок 3.2.8. Распределения содержание редких и редкоземельных металлов в почвенных пробах по геохимическим профилям I- Алмалык-Арашансай и II- Цирчик-Урунгатсай.

Растительность. Растительный покров является первым экраном на пути осаждения атмосферных выпадений. Рb и другие металлы аэрозолей абсорбируются поверхностью листьев, подвижные Zn и Cd в растворенном виде проникают в устьица растений. Часть металлов поступает в растения из загрязненных почв. Аккумуляция металлов зависит от особенностей поверхности растения, от количества и рН атмосферных осадков, скорости ветра, влажности воздуха, определяющих вынос элементов из растений, от свойств загрязняющих частиц и соединений металлов. Кислотные осадки способствуют подкислению коры деревьев (рН снижается до 2,5–3,0), растворению аэрозолей, содержащихся на поверхности органов, и более активному поглощению катионов металлов – Рb, Zn, Cd. Значения рН больше 8 токсичны и могут вести к растворению анионогенных элементов – Мо, Cr, V, содержащихся в аэрозолях, делая их более доступными для растений. Результаты масспектрометрического анализа проб почв и растений показали, что тяжелые токсичные и радиоактивные металлы (Cu, Zn, Pb, Bi, As, Cd, Th, U) увеличиваются вблизи горнорудных и промышленных зон предгорных (Алмалык, Ангрен, Нурабад) и горных территорий (Янгиабад) Чаткало-Кураминского региона (табл. 3.2.7; рис 3.2.8).

Таблица 3.2.7

**Содержание тяжелых металлов в золе растительных проб
(в мг/кг).**

I- профиль	Cu	Zn	Pb	Bi	As	Cd	Th	U
I-A (Алмалык)	29,8	28,9	8,76	0,099	4,49	0,128	0,104	0,055
I-B (Нурабад)	11,8	30,5	1,22	0,01	0,64	0,151	0,046	0,023
I-C (Ангрен)	13,3	13,5	1,55	0,018	0,453	0,038	0,136	0,052
I-D (Янгиабад)	10,5	57,7	4,42	0,021	2,85	1,13	0,295	0,382
I-E (Келинчек)	9,43	26,5	2,39	0,016	1,96	0,087	0,255	0,138
I-F (Ташсай)	7,8	17,5	1,75	0,018	7,77	0,171	0,147	0,05
I-G (Аршансай)	6,88	35	2,2	0,013	3,66	0,125	0,128	0,061
II- профиль								
II-H (Чирчик)	9,57	32,6	0,553	0,005	0,238	0,015	0,034	0,021
II-I (Оксоката)	9,97	9,99	2,21	0,015	6,93	0,005	0,077	0,038
II-K (Галвасай)	7,21	11,7	0,479	0,032	0,5	0,059	0,026	0,022
II-L (Чимгансай)	9,66	31	0,535	0,008	13,2	0,094	0,028	0,025
II-M (Коксу)	13,2	34,9	1,5	0,02	21,9	0,013	0,118	0,059
II-N Урунгачсай	8,28	28,4	0,442	0,005	3,87	0,009	0,026	0,021

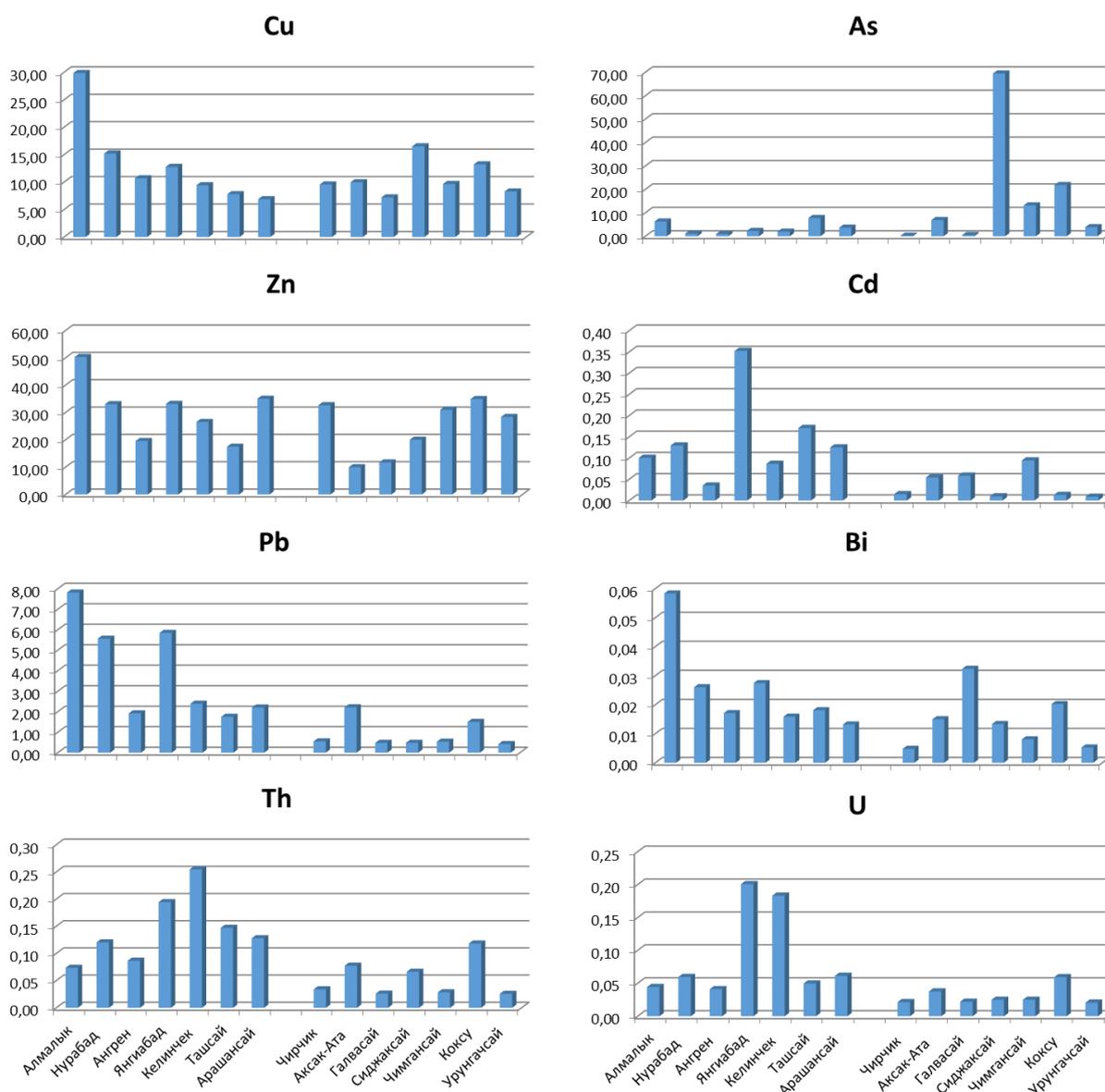


Рисунок 3.2.8. Распределения содержания тяжелых металлов в золах растений по профилям I- Алмалык-Арашансай и II- Чирчик-Урунгансай (мг/кг).

Результаты масспектрометрического анализа проб почв и растений показали, что тяжелые токсичные и радиоактивные металлы (Cu, Zn, Pb, Bi, As, Cd, Th, U) увеличиваются вблизи горнорудных и промышленных зон предгорных (Алмалык, Ангрен, Нурабад) и горных территорий (Янгибад) Чаткало-Кураминского региона (табл. 3.2.7-3.2.8; рис. 3.2.8-3.2.9).

Таблица 3.2.8. Средние содержания (n=4) тяжелых и редких металлов в растительных пробах Чаткало-Кураминского региона (результаты масс-спектрометрического анализа ICP MS) мг/кг

№	Места отбора	Pb	Cu	Zn	Ni	Cr	V	Co	Mo	W	Cd	As	Bi	Th	U
	кларки*	10,0	2,0	3,0	0,5	5,0	1,0	0,2	0,2	0,005	0,01	0,3	0,0005	6,0	5,0
1	Тойтепа	22,0	100	480	6,60	19,0	8,40	0,900	9,70	0,650	0,210	12,0	0,200	0,460	0,500
2	Ташморе	110	100	480	4,90	21,0	9,20	1,50	3,30	4,300	2,30	10,0	0,350	0,380	0,410
3	Пскент	83,0	170	470	3,60	23,0	9,30	0,55	7,90	0,290	0,400	11,0	0,290	0,180	0,230
4	Алмалык	20,0	86	570	5,10	25,0	9,20	0,680	12,0	0,570	1,10	12,0	0,100	0,180	0,190
5	Нурабад	110	110	300	5,90	22,0	11,0	1,20	28,0	1,40	0,550	24,0	0,300	0,990	0,640
6	Ангрен	48,0	180	520	8,40	25,0	11,0	1,40	6,80	0,550	0,510	18,0	0,160	0,540	0,330
7	Янгиабад	290	160	1100	6,70	30,0	14,0	2,30	15,0	0,890	0,990	13,0	0,460	0,830	0,820
8	Чирчик	53,0	120	460	7,70	34,0	14,0	2,30	2,60	1,10	0,170	14,0	0,130	0,500	0,360
9	Аксаката	52,0	130	380	8,10	34,0	14,0	3,50	4,30	0,410	0,270	13,0	0,076	0,320	0,230
10	Галвасай	20,0	99,0	260	8,00	28,0	11,0	0,990	51,0	4,20	0,061	18,0	0,063	0,230	0,180
11	Чимган	68,0	380	630	21,0	29,0	14,0	1,80	2,50	0,990	0,250	14,0	0,190	0,670	0,280
12	Бурчимулла	25,0	110	370	34,0	26,0	15,0	3,00	11,0	0,950	0,220	19,0	0,370	0,860	0,380
13	Яккатут	71,0	95,0	300	10,0	26,0	22,0	2,70	9,30	1,10	0,180	72,0	1,90	1,30	0,460
15	Урунгач озеро	7,40	81,0	260	12,0	29,0	12,0	0,830	5,10	0,430	0,056	24,0	0,045	0,190	0,150
14	Урунгачсай	5,30	130	420	25,0	33,0	22,0	1,20	5,80	0,660	0,060	13,0	0,038	0,490	0,230
16	Сиджак	10,0	100	460	16,0	35,0	39,0	4,20	26,0	2,10	0,360	18,0	0,078	1,90	0,620

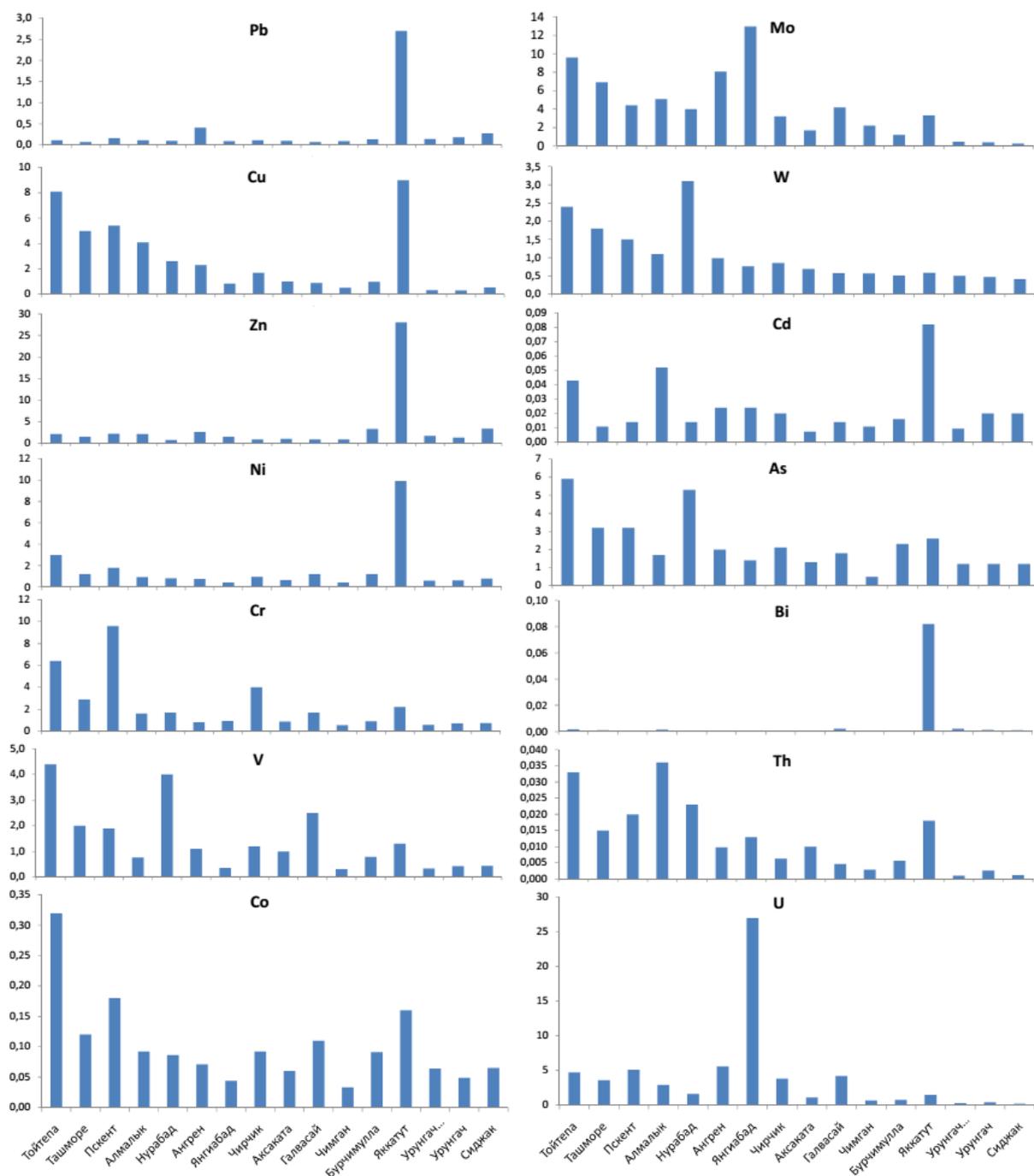


Рис. 3.2.9. Распределение средних содержаний (n=4) тяжелых и редких металлов в растительных проб Чаткало-Кураминского региона (результаты масс-спектрометрического анализа ICP MS) мг/кг.

В различных участках промышленного района, отличающихся по рельефу и условиям загрязнения, была изучена вертикальная миграция техногенных элементов по почвенному разрезу. Валовой химический состав сероземов, не подвергшихся техногенному загрязнению, отличается неравномерным распределением по

генетическим горизонтам окислов кремнезема, глинозема, железа, кальция, магния, титана и др. Характер распределения тяжелых металлов по почвенному профилю принципиально одинаков. Повышенные концентрации их отмечаются в верхнем горизонте. Таким образом, предварительный анализ полученных данных позволяет сделать вывод, что Алмалык-Ангренский район следует считать одним из наиболее неблагоприятных в экологическом отношении.

На основе полученных результатов, на примере бассейнов рек Ахангаран и Чирчик, будут разработаны практические рекомендации по оценке и мониторингу эколого-геохимического состояния изучаемых территорий, подвергающихся интенсивно-нарастающему экологическому прессу в связи с загрязнением окружающей среды и изменением климата.

В условиях современного изменения климата и загрязнения окружающей среды горнорудными отходами решение этих задач является чрезвычайно актуальным для государства. По итогам исследований будут даны практические рекомендации по ликвидации очагов загрязнения токсичными элементами предгорных и высокогорных районов Узбекистана.

В природе различаются участки, кларк которых выше, и участки, кларк которых ниже среднего кларка земной коры. Повышенные кларки того или иного района часто находят свое выражения в наличии месторождений соответствующих элементов, т.е. в наличии концентрирующих, делающих рентабельных добычу этих элементов.

Геохимическая экология опираются на пороговую чувствительность организмов к недостатку или избытку определенных химических элементов в почве, питьевой воде, кормах и пищевых продуктов. В.В. Ковальским (1960) установлен закономерный характер физиологической и биохимической изменчивости организмов в зависимости от геохимических факторов среды. Для обеспечения растений микроэлементами важно не их валовое содержание в почве и содержание этих элементов в подвижной форме. Подвижность микроэлементов в почвах зависит от того, входят ли они в кристаллическую структуру минералов или химически связаны с органическим веществом (гумусом),

коллоидами почв (глинами), а также от геохимической обстановки почв и от климата (времени года).

Воды поверхностных водотоков. Огромное значение для химического состава природных вод имеет климат. Он, прежде всего, определяет баланс тепла и влаги, от которого зависит увлажненность местности и величины водного стока, и, следовательно, разбавление или концентрирование природных растворов и возможность растворения веществ или выпадения в осадок. С климатическими условиями связано формирование почвенных и грунтовых растворов. От климатических характеристик также зависят условия взаимодействия с породами, процесс выветривания горных пород, тип почвообразования и растительности и характер разложения остатков последней, что, в свою очередь, влияет на минерализацию воды. Климатические условия определяют не только количество, но и характер атмосферных осадков (дождь, снег), их распределение в течение года, условия миграции различных элементов, промерзаемость почвы, существование вечной мерзлоты, с которыми тесно связан гидрохимический режим вод на поверхности Земли и вблизи нее. На величину минерализации и состав малорастворимых веществ, влияет и замерзание воды.

Влияние климата на химический состав воды настолько существенно, что часто является решающим фактором, определяющим не только величину минерализации воды, но и ее состав. Климат создает общий фон, на котором происходит большинство процессов, влияющих на формирование химического состава природных вод.

При отборе главных компонентов качества водных ресурсов были использованы ПДК, применяемые в Гидрометслужбе Узбекистана, чтобы среди загрязняющих веществ выбрать отдельные элементы по приоритетности, по степени опасности для экосистемы и здоровья людей, количеству и масштабности. По физико-химическому составу разделены на четыре главные группы: 1. Минерализация, главные ионы (SO_4^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , Ca); 2. Загрязняющие вещества органического происхождения (синтетические поверхностно активные вещества (СПАВ), фенолы (H_3PO_5), нефтепродукты; 4. Загрязняющие вещества неорганического происхождения, тяжелые металлы (Cu , Cr , As , Zn ,

Hg, Mn, Ni, Pb, Cd); 4. Биогенные компоненты (NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , фосфаты).

Комплексная оценка качества речных вод производится по величине индекса загрязнения воды (ИЗВ). При расчете ИЗВ, учитываются все ингредиенты, превышающие их предельно допустимую концентрацию (ПДК), а также учитывается класс опасности этих ингредиентов (степень влияния на здоровье человека), что достигалось благодаря введению эмпирических коэффициентов.

Особенности исследуемого района выражаются в том, что реки Пскем, Чаткал, Ангрен имеют одинаковую ориентацию с северо-востока на юго-запад. Откуда следует, что поток воздушных масс в долинах этих рек имеет практически одинаковое происхождение. По результатам гидрохимического анализа поверхностных вод, а также вод у ледников и льда по исследованиям выявлено: величина минерализации вод на леднике и льда изменяется в пределах 24-70 мг/л. Состав гидрокарбонатно-кальциевый, на высотах ниже 2000 м воды переходят в сульфатно-кальциевые и минерализация возрастает до 100-210 мг/л. Атмосферные осадки снег, дождь характеризуются минерализацией от 15-34 мг/л., сульфатно-кальциевые.

Определение концентраций химических элементов в геохимических проб производилась на масс-спектрометре (ICP MS), определялся ионно-солевой состав воды (табл. 3.2.9-3.2.11, рис. 3.2.10.).

Вода в саях басс. рек Чирчик и Ахангаран свыше 1000 м н.у.м. чистая, прозрачная, по химическому типу гидрокарбонатно-кальциевая, рН 6,3-7,4, жесткость 1,16-2,49 Ммоль/л., минерализация 65,0-137,05 мг/л. Ниже высотной отметок 1000 м воды переходят в сульфатно-натриевый тип.

Таблица 3.2.10.

Содержание тяжелых металлов в речных вод Чаткало-Кураминского региона (мг/кг)

<i>I-профиль</i>	Cu	Zn	Pb	Bi	As	Cd	Th	U
I-A (Алмалык)	1,5	0,26	0,46	0,001	1,7	0,004	0,003	3,8
I-B (Нурабад)	1,9	0,3	0,31	0,002	1,7	0,004	0,008	3,4
I-D (Янгиабад)	1,2	0,23	0,12	0,001	1,4	0,017	0,001	15
I-E (Келинчек)	1	0,22	0,12	0,001	0,35	0,001	0,004	1,1
I-F (Ташсай)	2,1	0,35	0,21	0,003	0,87	0,006	0,049	1,4
I-G (Аршансай)	1,2	0,32	0,24	0,001	1,2	0,004	0,013	0,046
<i>II-профиль</i>	Cu	Zn	Pb	Bi	As	Cd	Th	U
II-H (Чирчик)	1,2	0,17	0,15	0,001	1,5	0,003	0,002	4,3
II-I (Оксоката)	1,4	0,15	0,13	0,001	1,1	0,007	0,003	4,2
II-K (Галвасай)	1,6	0,39	0,19	0,001	2,3	0,012	0,013	22
II-L (Чимгансай)	1	0,14	0,16	0,001	0,66	0,007	0,002	1,5
II-M (Коксу)	1,2	0,13	0,11	0,001	1,7	0,005	0,002	1,2
II-N Урунгачсай	1,1	0,077	0,64	0,001	1,1	0,007	0,002	0,27

Следует отметить в водах реки Пскем и её составляющих рек Анаульген, Майдантал, Текеш, Аютор и Баркрак наблюдается рост токсичных металлов Al, Se, Pb до значений выше ПДК, в водах р.Ахангаран рост количества тяжелых металлов не наблюдается.

Таблица 3.2.9.

Результаты определения ионно-солевого состава воды. Единица измерения: мг/л; Ммоль/л

№ п/п	Наименование образца	рН	НСО ₃	SO ₄	Cl	Ca	Mg	Na	K	Сумма мг/л	Сухой остаток мг/л	Общая жестк. ммоль/л
1	Алмалык воды	7,75	134,2	40,75	9,76	47,5	10,2	2,3	4,1	181,75	188,0	
	воды 483м		2,2	0,85	0,28	2,3	0,88	0,1	0,1			3,25
	Сумма кат. анион. ммоль/л		3,33			3,45						
2	Нурабад воды	8,02	79,3	37,9	8,0	34,0	8,2	0,25	0,22	128,22	125,0	
	воды 678		1,3	0,79	0,22	1,7	0,67	0,01	0,005			2,37
	Сумма кат. анион. ммоль/л		2,31			2,385						
3	Янгиабад воды	7,60	61,0	16,5	4,44	20,0	3,04	2,3	0,78	77,56	80,0	
	воды 1138		1,0	0,34	0,12	1,0	0,25	0,1	0,02			1,25
	Сумма кат. анион. ммоль/л		1,46			1,37						
4	Река Чирчик	7,95	137,2	136,4	36,4	52,5	21,3	27,6	4,5	347,3	335,0	
	воды 500		2,25	2,85	1,02	2,62	1,75	1,2	0,1			4,37
	Сумма кат. анион. ммоль/л		6,12			5,67						
5	Река Аксаката	7,85	120,4	35,1	8,9	40,0	9,7	4,6	0,8	159,3	165,0	
	воды 890		1,975	0,74	0,25	2,0	0,8	0,2	0,02			2,8
	Сумма кат. анион. ммоль/л		2,97			3,02						
6	Сиджаксай	7,47	207,4	14,4	5,7	60,0	9,7	2,5	0,2	196,2	185,0	
	воды 926		3,4	0,3	0,16	3,0	0,8	0,11	0,005			3,8
	Сумма кат. анион. ммоль/л		3,86			3,91						
7	Урунгахсай	8,35	152,5	9,6	8,9	35	9,4	12,65	0,4	152,2	150,0	
	воды 926		2,5	0,2	0,25	1,75	0,75	0,55	0,01			2,5
	Сумма кат. анион. ммоль/л		2,95			3,05						

Таблица 3.2.11 Средние содержания (n=4) тяжелых и редких металлов в водных пробах Чаткало-Кураминского региона (результаты масс-спектрометрического анализа ICP MS) мг/л

№	Места отбора	Pb	Cu	Zn	Ni	Cr	V	Co	Mo	W	Cd	As	Bi	Th	U
	кларки*	1	7	20	2,5	1	1	0,25	0,9	0,1	0,2	2	0,2	0,05	0,3
1	Тойтепа	0,110	8,10	2,10	3,00	6,40	4,40	0,320	9,60	2,40	0,043	5,90	0,002	0,033	4,70
2	Ташморе	0,072	5,00	1,50	1,20	2,90	2,00	0,120	6,90	1,80	0,011	3,20	0,001	0,015	3,60
3	Пскент	0,160	5,40	2,20	1,80	9,60	1,90	0,180	4,40	1,50	0,014	3,20	0,001	0,020	5,10
4	Алмалык	0,110	4,10	2,10	0,940	1,60	0,760	0,092	5,10	1,10	0,052	1,70	0,002	0,036	2,90
5	Нурабад	0,100	2,60	0,770	0,810	1,70	4,00	0,086	4,00	3,10	0,014	5,30	0,001	0,023	1,60
6	Ангрен	0,410	2,30	2,60	0,760	0,830	1,10	0,071	8,10	0,990	0,024	2,00	0,001	0,010	5,60
7	Янгиабад	0,095	0,840	1,50	0,430	0,920	0,360	0,044	13,0	0,770	0,024	1,40	0,001	0,013	27,0
8	Чирчик	0,110	1,70	0,890	0,950	4,00	1,20	0,092	3,20	0,860	0,020	2,10	0,001	0,006	3,80
9	Аксаката	0,100	1,00	1,00	0,650	0,870	1,00	0,060	1,70	0,690	0,007	1,30	0,001	0,010	1,10
10	Галвасай	0,065	0,880	0,840	1,20	1,70	2,50	0,110	4,20	0,580	0,014	1,80	0,002	0,005	4,20
11	Чимган	0,089	0,520	0,900	0,410	0,540	0,310	0,033	2,20	0,570	0,011	0,490	0,000	0,003	0,690
12	Бурчимулла	0,130	0,970	3,30	1,20	0,910	0,790	0,091	1,20	0,510	0,016	2,30	0,000	0,006	0,740
13	Яккатут	2,70	9,00	28,0	9,90	2,20	1,30	0,160	3,30	0,590	0,082	2,60	0,082	0,018	1,50
14	Урунгач озеро	0,140	0,320	1,70	0,590	0,580	0,340	0,064	0,440	0,500	0,009	1,20	0,002	0,001	0,280
15	Урунгачсай	0,180	0,300	1,30	0,610	0,700	0,430	0,049	0,390	0,470	0,020	1,20	0,001	0,003	0,420
16	Сиджак	0,270	0,540	3,40	0,780	0,750	0,440	0,065	0,270	0,410	0,020	1,20	0,001	0,001	0,190

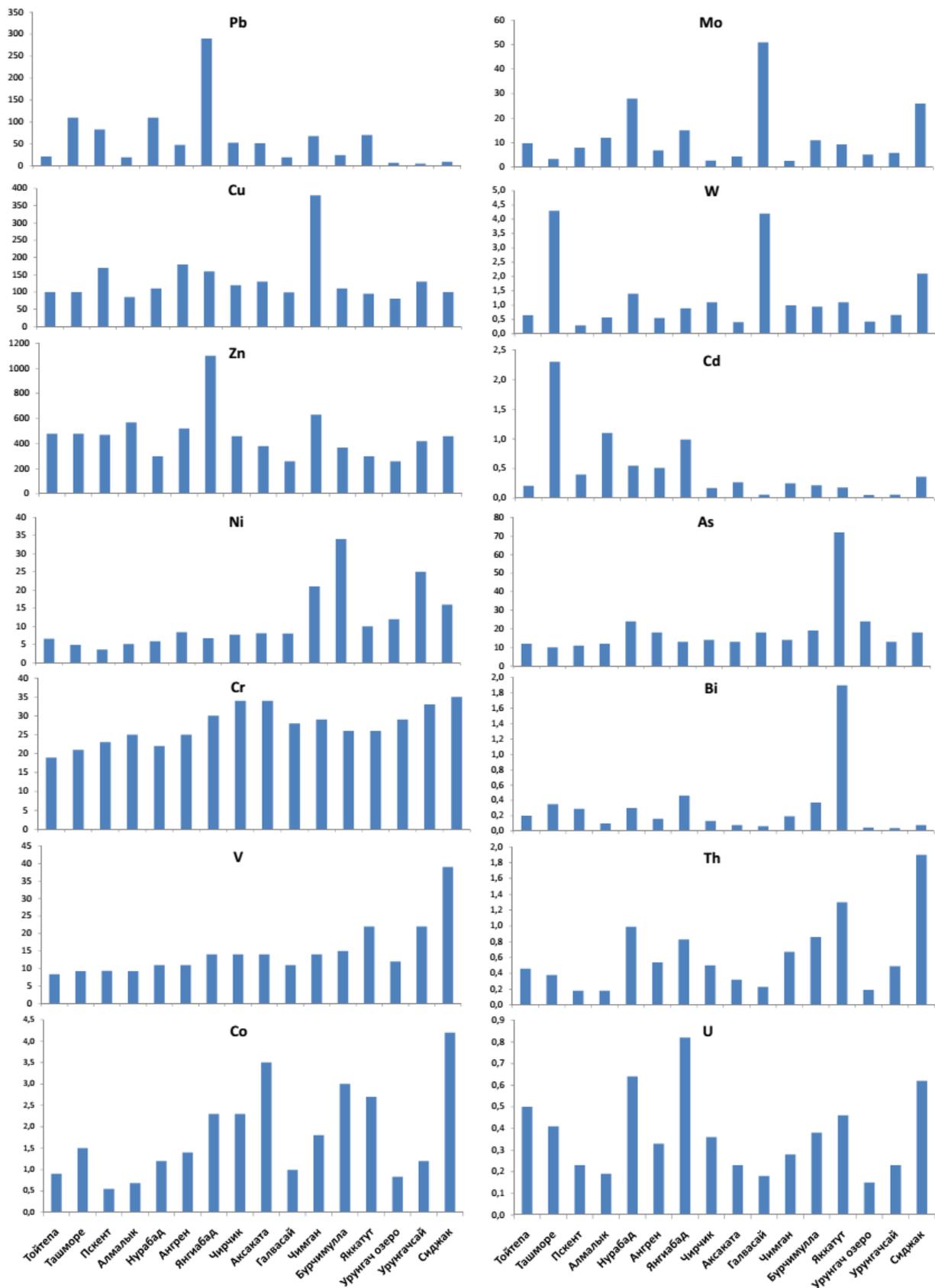


Рисунок 3.2.10. Распределение средних содержаний (n=4) тяжелых и редких металлов в поверхностных водах Чаткало-Кураминского региона (результаты масс-спектрометрического анализа ICP MS) мг/л.

Процесс переноса микроэлементов зависит существенно от химического состава природных вод, под которым понимается сложный комплекс минеральных и органических веществ, находящихся в разных формах ионно-молекулярного и коллоидного состояния. По О.А.Алёкину химический состав природных вод разделяется на пять групп:

1. Главные ионы т.е. Cl, SO₄, HCO₃, CO₃, Na, K, Mg и Ca.
2. Растворенные газы (O₂, N₂, CO₂, H₂S и др.
3. Биогенные элементы (соединение азота, фосфора, кремния).
4. Микроэлементы-соединения всех остальных химических элементов.
5. Органические вещества.

Результаты масспектрометрического анализа проб почв и растений показали, что тяжелые токсичные и радиоактивные металлы (Cu, Zn, Pb, Bi, As, Cd, Th, U) увеличиваются вблизи горнорудных и промышленных зон предгорных (Алмалык, Ангрэн, Нурабад) и горных территорий (Янгиабад) Чаткало-Кураминского региона. Совокупность данных о минеральном и элементном составе проб почв, позволяет провести их возрастную оценку, что в дальнейшем может послужить основанием для количественной характеристики климатической картины региона. Распределение элементов Pb, Cu, Zn и Cd по почвенным горизонтам свидетельствует об общем росте мощности загрязненного слоя по сравнению с 1999 г., что видно по увеличению аномальных площадей на глубинах >0.25 м. Воды высокогорья и приледниковой зоны относятся по классификации О.А. Алёкина к гидрокарбонатной-кальциевой группе по минерализации эти воды относятся к ультрапресным с величиной минерализаций от 50 до 120 мг/л. РН этих вод изменяется от 6 до 7,5. Ведущим фактором формирования гидрохимических типов вод и их состава является химический состав атмосферных осадков, почв и фитомассы. Литолого-минералогический состав горных пород в условиях изучаемого района играет подчиненную роль.

Ледниковый бассейн р.Чирчик представляет собой зону активной миграции химических элементов в результате взаимодействия талых снеговых и ледниковых вод с горными породами. В данной гипергенной зоне осуществляется интенсивное выщелачивание ионов кальция, магния, натрия и калия, формируются пресные гидрокарбонатные воды. Гидрохимический процесс в ледниковой зоне сказывается прежде всего на формировании качественного состава воды.

Выводы к 3-й главе

1. Ледниковый бассейн р.Чирчик представляет собой зону активной миграции химических элементов в результате взаимодействия талых снеговых и ледниковых вод с горными породами. В гипергенной зоне осуществляется интенсивное выщелачивание ионов кальция, магния, натрия и калия, формируются пресные гидрокарбонатные воды. Гидрохимический процесс в ледниковой зоне сказывается прежде всего на формировании качественного состава воды. Ведущим фактором формирования гидрохимических типов вод и их состава является химический состав атмосферных осадков, почв и фитомассы. Литолого-минералогический состав горных пород в условиях изучаемого района играет подчиненную роль; Результаты проведенные полевые инструментальные наблюдения за режимом стока вод рек Келинчексай, Ташсай, Арашансай (Ангренское плато) и рек Текешсай и Баркраксай (Бассейне р. Пскем) показали увеличение стока вод. Это можно объяснить интенсивным таянием снега и ледника и увеличением площади и изрезанности поверхности ледников (Текеш, Баркрак);
2. Был измерен баланс массы ледника Баркрак Средний за период с 2016 по 2019 год. Анализ баланса массы с использованием метода контурных линий был проведен за отдельные периоды 2016/17, 2017/18 и 2018/2019гг. Сделаны расчеты в ГИС, Arc GIS. Баланс массы для Баркрак средний (левая сторона) за 2016/17 год составил -0,31 м. вод.экв., 2017/2018 г. -0,19 м. вод.экв, 2018/2019 г. -0,50 м. вод.экв. Баланс массы для Средний Баркрак (правая сторона) за 2017/2018 г. составил в -0,52 м вод.экв., 2018/2019 г. составил -0,53 м вод.экв. Устойчивый отрицательный тренд баланса массы указывает, на продолжающуюся деградацию ледника Баркрак средний и недополучения им осадков в твердой фазе.
3. Пробы почвы, растений и воды были взяты по четырём геохимическим профилям (Тойтепа - Янгиабд, Чирчик - Урунгатсай, Ташсай - Арашан, Текеш - Баркрак) проходящие по природных и техногенных ландшафтах в бассейнах рек Чирчик и Ахангаран (всего $85 + 50 + 65 = 200$). Определены содержания тяжелых металлов с помощью масс-спектрометрического анализатора Agilent 7700 Series ICP-MS. Свойства

горизонтального и вертикального распределения тяжелых металлов в почвах техногенных и природных ландшафтов Ангрэн-Алмалыкского горнорудного района и Чаткало-Кураминских гор были изучены на основе статистического анализа и интерпретации полученных результатов). Ледниковый бассейн р.Чирчик представляет собой зону активной миграции химических элементов в результате взаимодействия талых снеговых и ледниковых вод с горными породами. В данной гипергенной зоне осуществляется интенсивное выщелачивание ионов кальция, магния, натрия и калия, формируются пресные гидрокарбонатные воды. Гидрохимический процесс в ледниковой зоне сказывается прежде всего на формировании качественного состава воды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящая книга, по замыслу авторов, должна была бы явиться первым этапом на пути выявления связей и зависимостей между районами с различной экологией, то есть районов с развитой техногенной и антропогенной нагрузкой и районов, находящихся в относительно «чистых» природном состоянии. Эта работа предполагалась как исследование регионального уровня в аридной зоне, хотя такие работы проводились в США [107, 108], для среднеазиатского региона она является пионерской.

Говоря о неизбежности того этапа эволюции нашей планеты, когда человек должен будет принять ответственность за ее дальнейшее развитие, В.И. Вернадский имел ввиду, вероятно, более или менее отдаленное будущее. Интенсивность антропогенных воздействий на биосферу, может оказаться столь большой, что переведет ее в такое новое состояние, которое не будет допускать существование человека как биологического вида, на сегодня это, возможно, одно из проявлений COVID-19.

В 21 веке ожидается, и уже проявляется во многих районах земного шара, острый дефицит пресной чистой воды. Решение этого вопроса носит двоякий характер. С одной стороны, это изменение климата, где одним из факторов климата являются атмосферные осадки, с другой же стороны, это рациональное и бережное отношение к имеющимся водным ресурсам.

Как известно из геохимии, зная средние кларки земной коры, легко вычислить абсолютные массы разных элементов, содержащихся в том или ином объеме, по составу отвечающему среднему составу земной коры. Таким образом различные горные породы можно рассматривать как потенциальные руды будущего, содержащие практически неисчерпаемые запасы всех известных в природе химических элементов, для чего необходима дешевая энергия.

В исследованном районе за счет неполного извлечения из руд металлов отмечены огромные объёмы горнорудных и зоошлаковых техногенных отходов, где отмечается, в результате гипергенных процессов, образование новых техногенных месторождений [112, 113, 114]. За счет золошлаковых отходов происходит дополнительное загрязнение окружающей среды, то есть растёт экологическая нагрузка на биосферу.

Вернадский В.И. и др. ввели понятие ноосферы, сферы разума. Центральное утверждение учения о ноосфере состоит в том, что разум в эпоху ноосферы необходимо должен принять на себя ответственность за будущее ноосферы – эволюция в эту эпоху становится управляемой. Оно само служит источником целого ряда новых вопросов. И главный из них – это вопрос о целях дальнейшего развития планеты, ибо любое управляемое развитие должно быть целенаправленным.

Коллектив авторов этого труда в результате проведенного исследования небольшого региона приходит к выводу, что любое действие должно быть четким и целенаправленным. Мы своими порой необдуманно действиями сами «рубим сук, на котором живем». Что же мы оставим своим потомкам?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мушкетов И.В. Туркестан. Том 4. С-Птб., 1906.
2. Федченко Б. А. Предварительный отчет о поездке для изучения ледников Таласского Алатау. С-Птб., 1910.
3. Махачек Ф. Рельеф Земли. Опыт регионального морфологического описания поверхности Земли, т. 1-2, М., 1959, 61с.
4. Масальский В.И. Туркестанский край. С-Птб., 1913.
5. Машковцев С.Ф. Описание геологического маршрута в Юго-Западный Тянь-Шань по линии Ангрен-Чаткал-Касан-озеро Кукала-Гудас-Майдантал. 1930. -Ташкент: Гос. публич. библ.
6. Машковцев С.Ф. Геологическое описание восточной части Ташкентского листа. 1930. -Ташкент: Гос. публич. библ.
7. Аделунг А.С. Западная часть Чаткальского хребта, Ангренплато и восточная оконечность Кураминских гор, 1953. -Ташкент: Гос. публич. библ. Звезда Труды ЦНИГРИ, №27.
8. Массон М.Е. К истории горного дела на территории Узбекистана. -Ташкент: Изд. АН УзССР, 195с.
9. Корженевский Н.Л. Ангренская долина. -Ташкент: Гос. публич. библ. 1963.Востока. -Ташкент: Гос. публич. библ., 1956. №8.
10. Гранитов И.И. Роль человека в смене растительности Средней Азии / Изв. АН УзССР, 1953. №3.
11. Геология УзССР. Том 1. Приташкентский район. -М.: Госгеолиздат, 1937.
12. Горбунов О.Ф., Сокол И.С., Антонова Г.Д., Медведко В.П. Отчет о разведке Ангренского бурогоугольного месторождения. - Ташкент: Гос. публич. библиотека, 1944.
13. Бедринцев К.Н. Основные проблемы развития Ангренского горно-промышленного района/ Изв. АН УзССР, 1956. №8.
14. Крыленко И.В., Крыленко В.В., Дзагания Е.В. О роли физико-географических факторов в образовании и стоке твердых наносов горными реками. -Донецк: ООО "Экотехнология", 2005. - 74с. - Деп. в ГНТБ Украины 3.10.2005; № 59-Ук 2005.
15. Барышников Н.Б. Антропогенное воздействие на русловые процессы. -Л.: ЛГМИ, 1990. -140с.
16. Степанова Т.С. Антропогенные сели / Селевые потоки, 1992. №12. -С. 89-101.

17. Бабко В.Л. с соавт. Сели Узбекистана. Научно-прикладной справочник. -Ташкент: САНИИрИ, УзУГКС, 1975-1984. -4 книги.
18. Шатилов И.С., Замараев А.С., Чаповская Г.В. Химический состав атмосферных осадков и поверхностно стекаемых вод //Вестн. с.-х. науки. -М., 1979. -№ 6. -с.11-17.; 1990. -№ 5. -С. 40-42.
19. Заиков Г.Е., Маслов С.А., Рубайло В.Л. Кислотные дожди и окружающая среда. -М.: Химия, 1991. -144с.
20. Addison P. Airborne pollutants and their potential impact on the forrest // Can. Forest Ind.- 1989. - Juli. - P. 93 - 98.
21. Докучаев В.В. Русский чернозем: Отчет ВЭО. -СПб.: Изд-во Вольн. экономич. общества, 1883. -376с.
22. Танасиенко А.А., Путилин А.Ф., Артамонова В.С. Экологические аспекты эрозионных процессов: Аналит. обзор. Сер. Экология. Вып. 55). Науч. ред. И.М. Гаджиев. -Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, Ин-т почвоведения и агрохимии СО РАН, 1999. -89с.
23. Мамедов А.Ш. Экологические аспекты эксплуатации горных водохранилищ // Гидротехн. стр-во. -1992, -№12, -С.11-12.
24. Беркович К.М., Чалов Р.С., Чернов А.В. Антропогенная измененность русел и размывы берегов как показатели экологической напряженности на реках России // Проблемы оценки экологической напряженности территории России: факторы, районирование. -М.: МГУ, 1993.
25. Беркович К.М., Иванов В.В. Экологическая напряженность, возникающая при антропогенных изменениях гидрологического и руслового режима рек России и ее картографирование // Проблемы оценки экологической напряженности территории России: факторы, районирование. -М., 1993.
26. Корженевский Н.Л. Каталог ледников Средней Азии. Ташкент, 1930. -200с.
27. Каталог ледников СССР. Т. 14. Средняя Азия, вып. 1, бас.р. Сырдарья, ч. 1, р. Пскем / Отв. ред. А.С. Щетинников. Л., Гидрометеиздат, 1968. -48с.
28. Глазырин Г.Е., Таджибаева У.У. Изменения климата в высокогорье Средней Азии //Лед и снег, 2011, вып. 2(114), С. 12-15.
29. Глазырин Г.Е., Гавриленко Н.Н. Изменения климата на Западном Тянь-Шане и связанные с ними изменения стока рек //Вопросы географии и геоэкологии, 2013, № 1, С. 28-30.

30. Спекторман Т.Ю., Петрова Е.В. Климатические сценарии для территории Узбекистана. / Бюллетень №6. Ташкент, НИГМИ, 2007, С. 14-21.
31. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология. Москва: МГУ, 1994. -519 с.
32. Мезенцев В.С., Карнацевич И.В. Увлажненность Западно-Сибирской равнины. Л.: Гидрометеиздат. 1969. -168 с.
33. Петров М.А. Формирование постгляциального рельефа в зоне деградирующего оледенения (на примере южного и западного Тянь-Шаня). Автореф. дис. ... канд. геол.- м. наук. Ташкент, 2001. -25 с.
34. Коновалов В.Г., Вильямс М.В. Многолетние колебания оледенения и стока рек Центральной Азии в современных климатических условиях // Метеорология и гидрология, 2005, №9, С.69-83.
35. Щетинников А.С. Оледенение Гиссаро-Алая. Л.: Гидрометеиздат, 1981. -120 с.
36. Yakovlev A., Batirov R. Monitoring of mountain glaciers of selected regions of Gissaro-Alay with use of ASTER Space Images // Alumni for millennium development goals, 2006, vol. 1 Tashkent, P. 55-60.
37. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н. Эволюция современного оледенения Заилийского Алатау в XX веке. Алматы: Университет, 2001. - 252с.
38. Semakova E., Gunasekara K., Semakov D. Identification of glaciers and mountain naturally dammed lakes in the Pskem, Kashkadarya and the Surhandarya River basins, Uzbekistan, using ALOS satellite data. // Geomatics, Natural Hazards and Risk. -2015. <http://dx.doi.org/10.1080/19475705.2015.1023852>
39. Финаев А.Ф. Динамика оледенения некоторых районов памиро-Алая // Географическая геоэкология, 2013, №3, С.32-42
40. Котляков В.М., Северский И.В.. Ледники Центральной Азии: современное состояние, изменения, возможное влияние на водные ресурсы // Материалы Междунар. семина. «Оценка снежно-ледовых и водных ресурсов Азии» (Алматы, Казахстан, 28-30 ноября 2006 г.). Алматы, 2007, С. 22-60.
41. Семакова Э.Р., Семаков Д.Г. Определение гляциальных объектов в высокогорных районах Республики Узбекистан. // Материалы X Междунар. науч. конгресса «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014». Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия,

- мониторинг окружающей среды(Новосибирск, 16-18 апреля 2014). Новосибирск, СГГА, 2014, Т. 1, С. 35-40.
42. Narama Chiyuki, Kääb Andreas, Duishonakunov Murataly, Abdrakhmatov Kanatbek. Spatial variability of recent glacier area changes in the Tien Shan Mountains, Central Asia, using Corona (~1970), Landsat (~2000), and ALOS (~2007) satellite data // *Global Planet Change*, 2010, vol. 71, P.42-54.
43. Тойчиев Х.А., Ни А.А., Тихановская А.А. и др. Горное оледенение, климат, сток. Ташкент: НУУз, 2008. -83 с.
44. Щетинников А.С. Изменение стока с ледников Памиро-Алая при деградации оледенения // МГИ, 1984, вып.51, С.68-74.
45. Гляциологический словарь. Л.: Гидрометеиздат, 1984. -528 с.
46. Кузьмиченок В. А. Мониторинг водных и снежно-ледовых ресурсов Кыргызстана // *Материалы Междунар. семина. «Оценка снежно-ледовых и водных ресурсов Азии»* (Алматы, Казахстан, 28-30 ноября 2006 г.). Алматы, 2007, С. 177-195.
47. Глазырин Г.Е. Влияние сокращения оледенения на сток рек в средней Азии. // *Лед и снег*, 2013, № 3(123), С. 20-25.
48. Тихановская А.А., Томашевская И.Г. Изменения ледникового стока в связи с колебанием климата (на примере бассейне р. Ойгаинг) // *Материалы Республ. науч.-практ. конф. «Проблемы обеспечения водными ресурсами сельских населенных пунктов в маловодные годы и пути их решения»* (Ташкент, 2008). Ташкент, ГИДРОИНГЕО, 2008, С.28-30.
49. Бондарев Л.Г. Ледники и тектоника. Изд-во «Наука», Ленингр. Отд., Л.:1975, -132 с.
50. Джамалов Д.Б., Ни А.А. Реконструкции гидродинамических условий бассейна р. Сырдарьи в четвертичном периоде // *Геология и минеральные ресурсы*. - 2009. - №6. - С. 29-35.
51. Абдуллаев У.Р., Джамалов Д.Б., Ни А.А., Петров М.А., Томашевская И.Г., Тихановская А.А. Эволюция экологического состояния нивальной зоны Центральной Азии (на примере ледника Аксу, басс.р.Ходжабакирган, Туркестанский хр.). *Материалы международной конференции “Геоэкология и геоэкологические проблемы горных и межгорных систем”*. Ташкент, 2001, С.14-16.
52. Калесник С.В. Очерки гляциологии. Гос. изд-во геогр. лит-ры, М., 1963, -551с.

53. Щетинников А.С. Оледенение Гиссаро-Алая. Л.: Гидрометеоиздат, 1981. -120 с.
54. Щукин И.С. Геоморфология Средней Азии. М., МГУ, 1963, 432 с.
55. Baumler R., Zech w., Ni A., Savockul O. Soil geographical and pedogeochemical studies on pleistocene and holocene glaciation in the northwestern Tien Shan (Uzbekistan) *Gletcherkunde und Glazialgeologie*, 2000. Universitatsverlag Wagner, Innsbruck, P.P. 147-172.
56. Садыков К.Г. Баланс морен, твердый сток и рельефообразующая деятельность современных ледников Средней Азии. Автореферат диссертации на соиск.уч.ст. канд.геогр.н. – М.-1973, -31 с.
57. Сеницын В.М. Введение в палеоклиматологию. Ленинград, "Недра", Ленинградское отделение, 1980, - 248 с.
58. Baumler R., Ni A., Petrov M. Lemzin I., W.Zech. Pedogeochemical studies and palaeoenvironmental implications in Kichik Alay Mountain soils (Kyrgyzstan). *Z. Geomorphology N.F.*; 46,4; Berlin - Stuttgart, 2002, P.461-474.
59. Baumler R., Zech W. Bodengenetische Untersuchungen zur Rekonstruktion der pleistozany und holozanen Vergletscherung in Hissar- Gebirge (Uzbekistan) und Kichik Alay- Gebirge (Kirgisien), *Geosciences in High Asia Proceedings of a symposium held in Dushanbe (1998) on occasion of the 70 th anniversary of German-Soviet Alay-Pamir expedition in 1928*; band 65; Bayreuth, 1999, P.127-184.
60. Baumler R., Zech W., Savoskul O., Petrov M., Ni A. Soil geographical studies on Pleistocene and Holocene glaciations of the northwestern Tien Shan (Uzbekistan). *Geosciences in High Asia Proceedings of a symposium held in Dushanbe (1998) on occasion of the 70 th anniversary of German-Soviet Alay-Pamir expedition in 1928*; band 65; Bayreuth, 1999, P.99-126.
61. Baumler R., Zech W., Heuberger H., Weber-Diefenbach K. Investigation on the intensity of weathering of soils developed from glacial and fluvioglacial deposits and their relationship with the history of landscape in the Mt. Everest region. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam. *Geoderma*, 48 (1999), P.223-243.
62. Агаханянц О.Е. Аридные горы СССР. М: Мысль, 1981, -270 с.
63. Балашова Е.Н., Житомирская О.М., Семенова О.А. Климатическое описание республик Средней Азии. М., МГУ, 1981, 1963, -432 с.

64. Агаханянц О.Е. Основные проблемы физической географии Памира, ч.1, Душанбе, Изд. АН Тадж. ССР, 1965, -240 с.
65. Скворцов Ю.А. Генетические типы четвертичных отложений в речных долинах. Известия Узб. Филиала географического общества СССР, Москва, 1956 г., С. 31-40.
66. Тетюхин Г.Ф. Палеогеоморфология территории Узбекистана в четвертичный период. - Ташкент: Фан, 1978. - 72 с.
67. Чедия О.К. Морфоструктура и новейший тектогенез Тянь-Шаня. - Фрунзе: Илим, 1986. - 314 с.
68. Шапенов Ю.Ш. Террасы реки Пскем: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. - Ташкент, 1967. - 27 с.
69. Великанов М.А. Гидрология суши. - Л.: Гидрометеиздат, 1964. - 403 с.
70. Джамалов Д.Б., Ни А.А. Реконструкции гидродинамических условий бассейна р. Сырдарьи в четвертичном периоде // Геология и минеральные ресурсы. - 2009. - №6. - С. 29-35.
71. Гостунский А.Н. Гидрология Средней Азии. - Ташкент: 1969. - 328 с.
72. Шульц В.Л. Реки средней Азии. - Л.: Гидрометеиздат, 1965. - 692 с.
73. Ахмеджанов М.А. Стратиграфия Узбекской ССР. - Ташкент. Недра, 1966.
74. Васильковский Н.П. К стратиграфии четвертичных отложений Восточного Узбекистана. /Труды комиссии по изучению четвертичного периода. –Москва, 1957.
75. Скворцов Ю.А. Четвертичные отложения. Геология УзССР. Комитет науки Уз ССР, т. 4, - Ташкент, 1939.
76. Туресебеков А.Х., Василевский Б.Б. Уровень организации минерального вещества при оценке масштабности и технологических свойств руд различных типов месторождений. "Геология и минеральные ресурсы", № 1, 2007, С.12-18.
77. Дончева А.В. Техногенное поступление вещества в сфере воздействия металлургического производства. //Геохимия ландшафтов и борьба с загрязнением природной среды. -М.: 1977.- С.2-4.
78. Водяницкий Ю.Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах. – М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН. 2008.
79. Талипов Р.М., Шукуров Н.Э., Тверская К.Л. Геохимические исследования почв, вод и растительности для оценки

- антропогенного загрязнения долин рек Чирчика и Ахангарана //Узб.геол.ж. №1, 1996.- С. 39-44.
80. Гипергенные окислы железа в геологических процессах.- М.: Наука, 1975. - С. 207.
81. Еникеев Н.И. Принцип санитарно-геохимической оценки качества подземных вод для целей прогноза в условиях их загрязнения. В кн: Вопросы гидрохимии. Тр. ГИДРОИНГЕО, Ташкент, 1986. – С. 4-8.
82. Сагдиева С.Г., Борминский С.И., Мавжудова А.А., Рахматуллаева З.Э. и др. Результаты опытно-промышленных испытаний биотехнологии переработки хвостов основной флотации МОФ ОАО АГМК методом кучного выщелачивания.- /Тез. докл. Международной конференции по химической технологии ХТ07. Т. 5.- М.: URSS, 2007. - С.10-11.
83. Каравайко Г.И., Ляликова Н.М. и др. Микроорганизмы рудных месторождений, их физиология и геохимическая деятельность.- /Экология и геохимическая деятельность микроорганизмов.- Пущено, 1976. - С.25-55.
84. Мубаракова К.Ю. Роль тионовых бактерий в выщелачивании меди из медного концентрата и сульфидных руд Кальмакыра.- Там же. - С.131-134.
85. Водяницкий Ю.Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах. – М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН. 2008.
86. Саэт Ю. Е. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Саэт, Б. А. Ревич, Е. П. Янин. – М. : Недра, 1990. -335 с.
87. Шукуров Н.Э. Формы нахождения тяжелых металлов-токсикантов в почвах техногенных ландшафтов Алмалыкского горнопромышленного района / Геология ва минерал ресурслар журнали, 1999, № 5. -С.44-48.
88. Добровольский В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние. -М.: Мысль, 1983. -272 с.
89. Апарин В.Б., Воронова Ю.П., Астафьева В.Г. и др. «Геоэкологические исследования и картографирование территорий воздействия золоторудных горнодобывающих предприятий восточного Узбекистана (на примере объектов добычи и переработки Чадакской и Ангренской ЗИФ)». Отчет по теме №378 за 2010-2013 гг. Государственный Комитет Республики Узбекистан по геологии и минеральным ресурсам ГП «Институт ГИДРОИНГЕО». 1-книга текста. -274 с.

90. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. Изд-во АН СССР, 1957.
91. Добровольский В. В. Основы биогеохимии: Учебник для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2003. -400 с.
92. Schwertmann U., Taylor R.M., 1977. Iron oxides. In: Dixon J/B/, Webb S.B. (Eds.), Minerals in Soil Environments. Soil Science Society of America, Madison, WI, PP. 148-180.
93. Kodirov O., Kersten M., Shukurov N., Martín-Peinado F.J. Trace metal(loid) mobility in waste deposits and soils around Chadak mining area, Uzbekistan, Science of total Environment, 622-623, 2018, pp. 1658- 667. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.049>
94. Глазырин Г.Е. Горные ледниковые системы их структура и эволюция. Л. Гидрометеиздат, 1991. -111 с.
95. Хргиан А.Х. Физика атмосферы. М. :Г.И. ф-м лит., 1958,476 с.
96. Щетинников А.С. Оледенение Гиссаро-Алая. Л.:Гидрометеиздат, 1981. -120 с.
97. Щетинников А.С. Морфология и режим ледников Памиро-Алая.- Ташкент 1998. -219 с.
98. Ни А.А., Бассин Н.С., Петров М.А. Отступление ледников, как фактор формирования верховьев горных долин. Материалы Респ. научно – технической конф. “Охрана и рациональное использование природных ресурсов, атм бассейна и отходов производства.” Фрунзе 1991, -С.75-76.
99. Ни А.А., Бассин Н.С., Петров М.А. Деградация ледника Текешсай – 1 после малой ледниковой эпохи. Труды САРНИГМИ 1994, вып 147(228), -С.153 – 55.
100. Petrakov D., Chernomorets S., Viskhadzhieva K., Dokukin M., Savernyuk E., Petrov M., Erokhin S., Tutubalina O., Glazyrin G., Shpuntova A., Stoffel M. (2020) Putting the poorly documented 1998 GLOF disaster in Shakhimardan River valley (Alay Range, Kyrgyzstan/Uzbekistan) into perspective, Science of The Total Environment, 724:138287, PP. 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138287>
101. Соломина О.Н. Биоиндикационные исследования стадияльных морен Центрального –Тянь – Шаня. МГИ, Вып. 51, Москва, 1984, -С.234-240.

102. Ким Г.П., Предуненко Т.И. Антропогенные и природные составляющие химического состава ледниковых рек. Ж-л. «Экологический вестник», №1, Ташкент, 2006, - С.37–41.
103. Дюргеров М. Б., Михаленко В. Н. Развитие представлений о внешнем массообмене ледниковых систем: от ледника к ледниковой системе // Материалы гляциологических исследований. 1989. № 66. -С.31–38.
104. Глазырин Г.Е., Камнянский Г.М., Перцигер Ф.И. Режим ледника Абрамова / ; - СПб.: Гидрометеиздат, 1993. - 228 с.
105. Hoelzle, M., Azisov, E., Barandun, M., Huss, M., Farinotti, D., Gafurov, A., Hagg, W., Kenzhebaev, R., Kronenberg, M., Machguth, H., Merkushkin, A., Moldobekov, B., Petrov, M., Saks, T., Salzmann, N., Schöne, T., Tarasov, Y., Usabaliev, R., Vorogushyn, S., Yakovlev, A., Zemp, M. (2017): Re-establishing glacier monitoring in Kyrgyzstan and Uzbekistan, Central Asia. - Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems, 6, 397-418. <https://doi.org/10.5194/gi-6-397-2017>
106. В. Крыленко “Антропоген-воздействия на реки Западного Тянь-Шаня”. 2011. <https://proza.ru/2011/07/06/252>.
107. Odum H.T. Energy, ecology and economy // AMBIO. 1973. No. 6. P. 220-227.
108. Odum H.T. Ecological and General Systems: An Introduction to Systems Ecology. Colorado: Univ. Press, 1994. 644 p.
109. Kodirov, O., Shukurov, N. (2009): Heavy metal distribution in soils near the Almalyk mining and smelting industrial area, Uzbekistan. // First World Young Earth-Scientists Congress 2009, 25-28 October, Beijing, China.
110. Shukurov, N., Kodirov, O., Peitzsch, M., Kersten, M., Pen-Mouratov, S., Steinberger, Y. (2014): Coupling geochemical, mineralogical and microbiological approaches to assess the health of contaminated soil around the Almalyk mining and smelter complex, Uzbekistan. J. Science of the Total Environment. 476-477:447-459. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.01.031>
111. Kodirov O., Martin-Peinado F., Shukurov N., Pulatov A., Romero-Freire A. Assessment of potential contamination of trace elements in Chadak mining area, Uzbekistan. Macla -Revista de la sociedad Espanola de mineralogia, N 19, July 14. P. 78-79.

112. Шукуров Н.Э., Туресебеков А.Х., Шукуров Ш.Р., Зунунов А.Ч., Кодиров О.Ш., Жураев А.Х., Умаров Ш.А. Рациональное использования природных ресурсов (отходы горно-металлургического производства Узбекистана и др. сопредельных территорий) в связи с охраной окружающей среды. / Научный журнал «Наука и инновация. Серия геологических и технических наук», Душанбе:«ТНУ», Таджикистан, №4, 2019г. С.11-26.
113. Туресебеков А.Х., Шукуров Н.Э., Шарипов Х.Т., Алабергенев Р.Д., Зунунов А.Ч., Шукуров Ш.Р. Техногенные отходы – новый источник сырья цветных, благородных, редких и токсичных металлов Алмалыкского горно-металлургического комбината. // Материалы XII российского семинара «Минералогическая технологическая оценка новых видов минерального сырья», 15-17 мая 2019 г., Петрозаводск, Россия. С.31-35.
114. Шукуров Н.Э., Акбаров Х.А., Туресебеков А.Х. Эколого-геохимическая и технологическая оценка металлоносности отходов Ангрэн-Алмалыкского горнорудного района (Узбекистан) и решение экологических задач // Устойчивое развитие горных территорий Кавказа: Том II. Коллективная монография. по материалам IX Международной научно-практической конференции «Горные территории: приоритетные направления развития» г.Владикавказ, 4-7 декабря 2019г. Научные редакторы: И.А. Керимов, А.Н. Гуня, В.А. Широкова. М.: ИИЕТ РАН, 2019. 689 с. — ISBN 978-5-98866-069-9. С.273-283.
115. Khursanov A.Kh. History and development prospects, samples of processing of technogenic deposits of the Almalyk mining and metallurgical plant. // Materials of the "International Scientific and Practical Conference", April 18-19, 2019 Almalyk, Uzbekistan. with. 3-21.

О Г Л А В Л Е Н И Е

	ПРЕДИСЛОВИЕ	5
	ВВЕДЕНИЕ	8
Глава 1	Природные характеристики изменения окружающей среды	11
§1.1	Краткое описание истории исследований района и его природной и техногенной эволюции.....	11
§1.2	Современная климатическая обстановка в горах Центральной Азии (бассейн реки Пскем) и её влияние на состояние оледенения и ледниковый сток.....	27
§1.3	О связи оледенения, климата и тектоники.....	41
§1.4	Речное осадконакопление Чаткало-Кураминского региона.....	55
§1.5.	Морфометрический анализ голоцен-четвертичных отложений верховьев реки Пскем на основе применения ГИС технологий	60
§1.6.	Реконструкция древнего оледенения по геоморфологическим съёмкам.....	82
Глава 2	Техногенные характеристики процессов влияния на окружающую среду	90
§2.1	Рудные месторождения и рудопроявления Ангрэн-Алмалыкского горнопромышленного района и их влияние на окружающую среду.....	90
§2.2	Химический состав и содержание промышленно-ценных и токсичных элементов.	103
§2.3.	Уровень организации минерального вещества техногенных отходов	111
§2.4	Геохимические особенности техногенных ореолов рассеяния тяжелых металлов в поверхностном слое почв в зоне влияния предприятий и хвостохранилищ АГМК.....	116
§2.5	Распределение тяжелых металлов и их подвижных форм в хвостохранилищах Чадакской ЗИФ и в почвах Чадакского рудного района.....	137
Глава 3	Изменение экологической обстановки Чаткало-Кураминского региона	162
§3.1	Изменение экологического состояния нивальной зоны в связи с деградацией оледенения.....	162
§3.2	Оценка изменений эколого-геохимического состояния Чаткало-Кураминского региона РУз.....	171
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	206
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	208

MUNDARIJA

	SO'ZBOSHI.....	5
	KIRISH	8
1-bob	Atrof muhit o'zgarishining tabiiy xususiyatlari	11
§1.1	Hududni o'rganish tarixi va uning tabiiy va texnogen evolyutsiyasining qisqacha tavsifi.....	11
§1.2	O'rta Osiyo tog'laridagi (Pskem daryosi havzasi) hozirgi iqlimiy holat va uning muzlik holatiga ta'siri va muzlik oqimi.....	27
§1.3	Muzlik, iqlim va tektonika o'rtasidagi bog'liqlik to'g'risida.....	41
§1.4	Chotqol-Qurama mintaqasining daryo cho'kindilari.....	55
§1.5.	Pskem daryosining yuqori oqimidagi Golosen-to'rtinchi davr cho'kindi jinlarini morfometrik tahlil qilish GIS texnologiyalaridan foydalangan holda.....	60
§1.6.	Qadimgi muzliklarni geomorfologik tadqiqotlar yordamida tiklash.....	82
2-bob	Atrof muhitga ta'sir qilish jarayonlarining texnogen xususiyatlari..	90
§2.1	Angren-Olmaliq konchilik mintaqasidagi ruda konlari va ruda paydo bo'lishi va ularning atrof muhitga ta'siri	90
§2.2	Angren-Olmaliq konchilik hududining texnogen chiqindilaridagi kimyoviy jihatdan qimmatli va toksik elementlarning tarkibi.....	103
§2.3.	Angren-Olmaliq konchilik mintaqasida texnogen chiqindilarning mineral moddalarini tashkiliy darajasi.	111
§2.4	OKMK korxonalar va chiqindilar chiqindilarining ta'sir zonasida tuproqlarning sirt qatlamidagi og'ir metall dispersiyasining texnogen haloslarining geokimyoviy xususiyatlari.....	116
§2.5	Chodoq oltin boyitish fabrikasi chiqindixonalarida va Chodoq ma'danli rayoni hududi tuproqlarida og'ir metallarning tarqalishi va uchrash shakllari	137
3-bob	Chotqol-Qurama mintaqasi ekologik muhitining o'zgarishi	162
§3.1	Muzlikning degradatsiyasi tufayli nival zonasining ekologik holatidagi o'zgarishlar	162
§3.2	O'zbekiston Respublikasi Chotqol-Qurama mintaqasining ekologik-geokimyoviy holatidagi o'zgarishlarni baholash	171
	XULOSA	206
	FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR	208

TABLE OF CONTENTS

	PREFACE	5
	INRODUCTION	8
Chapter 1	Natural characteristics of environmental change	11
§1.1	Brief description of the area research history and its natural and technogenic evolution.....	11
§1.2	The current climate situation in the mountains of Central Asia (the Pskov River basin) and its impact on the state of glaciation and glacial runoff.....	27
§1.3	On the interrelation of glaciation, climate and tectonics.....	41
§1.4	River sedimentation of the Chatkal-Kurama region.....	55
§1.5.	Morphometric analysis of the Holocene-Quaternary sediments of the upper reaches of the Pskem River based on the use of GIS technologies.....	60
§1.6.	Reconstruction of the ancient glaciation by geomorphological surveys.....	82
Chapter 2	Technogenic characteristics of environmental impact processes	90
§2.1	Ore deposits and ore occurrences of the Angren-Almalyk mining region and their impact on the environment.....	90
§2.2	Chemical composition and content of industrially valuable and toxic elements in technogenic wastes of the Angren-Almalyk mining region.	103
§2.3.	The level of organization of mineral substance of technogenic wastes in the Angren-Almalyk mining region.	111
§2.4	Geochemical features of technogenic halos of heavy metal dispersion in the surface layer of soils in the zone of influence of AMMC enterprises and tailings dumps.....	116
§2.5	Distribution of heavy metals and their mobile forms in the tailing dumps of the Chadak GEF and in the soils of the Chadak ore region.....	137
Chapter 3	The change of ecological environment Chatkal-Kurama region	162
§3.1	Changes in the ecological state of the nival zone due to the degradation of glaciation.....	162
§3.2	Evaluation of changes in ecological - geochemical state of the Chatkal-Kurama region of the Republic of Uzbekistan.....	171
	CONCLUSION	206
	REFERENCES	208

ПРИЛОЖЕНИЯ

Фотографии периода полевых исследований



Долина реки Пскем.



Полевой лагерь в бассейне реки Текешсай.



Древние морены ледника Текешсай



Низовья реки Баркраксай



Базовый лагерь у языка ледника Баркрак Средний.



Древняя морена ледника Текешсай (вид сверху).



Древняя морена ледника Баркрак Средний.



**Флювиогляциальная пойма ледника Текешсай
(на заднем плане язык ледника).**



**Нивальная зона реки Арашансай
(на переднем плане озеро Арашан Длинное).**



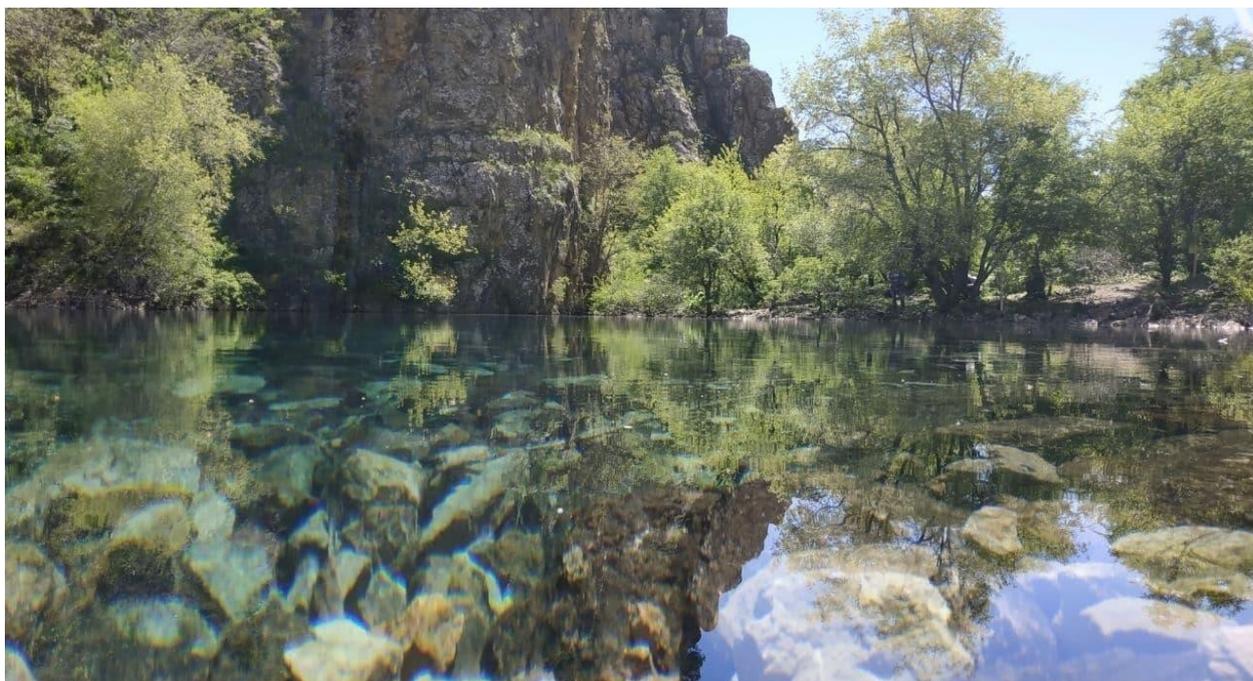
**Среднее течение ледника Баркрак Средний
(фото сделано с ледника Баркрак Правый)**



Работы по измерению баланса массы ледника Баркрак Правый.



Базовый лагерь на древней морене ледника Баркрак.



**Высокогорное озеро Урунгатсай «Нефритовое»
(среднее течение реки Пскем)**



**Участники и авторы монографии вовремя полевых работ в
кишлаке Тепарсай**



Отбор биогеохимических проб по разрезу Тойтепа-Пскент-Алмалык-Ангрен.



**Ангренский угольный карьер, золошлаковые отходы
Ангренской ТЭС.**

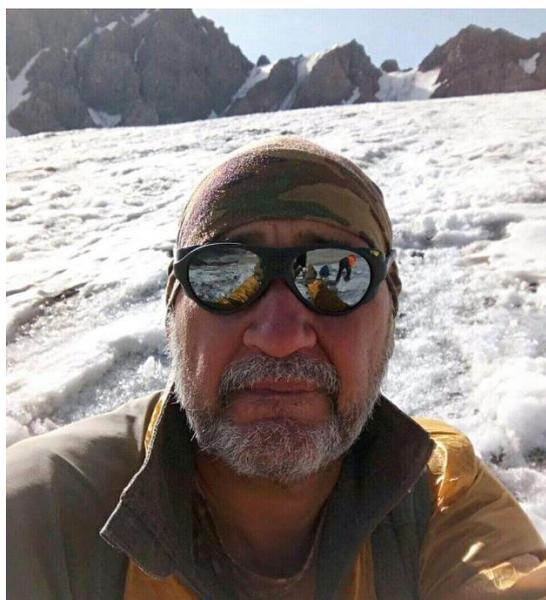


Отбор проб из хвостохранилища Чадакской ЗИФ и донных отложений р. Чадаксай.

Сведения об авторе монографии



Шукуров Носир Эгамович – канд.г.-м. наук, с.н.с., заведующий лабораторией Геохимии ИГГ им. Х.М Абдуллаева. Основная область исследований экологическая геохимия, биогеохимия, геохимия и минералогия техногенеза, оценка и биоиндикация загрязнения окружающей среды с тяжелыми металлами. Утилизация техногенных отходов. Участвовал во многих международных проектах (Израиль, Германия, США, Ямайка, Китай). Имеет более 160 публикаций в республиканских и международных изданиях, 16 в научных журналах входящие в SCOPUS и Web of Sciences.



Петров Максим Анатольевич – канд.г.-м. наук, с.н.с., заведующий отделом гляциальной геологии ИГГ им. Х.М Абдуллаева. Основная область исследований гляциология, гляциальная геоморфология, опасные геологические процессы и экология. Участвовал во многих международных проектах (Непал, Германия, Швейцария). Имеет более 70 публикаций в республиканских и международных изданиях с высоким импакт-фактором из них 2 монографии.



Ни Анатолий Александрович – канд. физ.-мат. наук, с.н.с. отдела гляциальной геологии ИГГ им. Х.М.Абдуллаева. Специалист международного уровня в области физики атмосферы, климатологии, гляциологии, гидрологии и проблема Аралского моря. Участвовал во многих международных проектах (Германия, Польша, Россия). Имеет более 80 публикаций в республиканских и международных изданиях с высоким импакт-фактором из них 4 монографии.



Шукуров Шухрат Райимович - м.н.с. лаборатории геохимии Института геологии и геофизики им. Х.М. Абдуллаева. Научными направлениями исследований выявление эколого-геохимических свойств техногенных и природных ландшафтов. Опубликовано 32 научных работ в республиканских и зарубежных изданиях (Швейцария, Китай, Таджикистан, Казахстан и др.).



Кодиров Обиджон Шавкатович – PhD г.-м. наук, главный специалист управления привлечения иностранных инвестиций Госкомгеологии РУз. Основная область исследований экологическая геохимия, биогеохимия и геохимия техногенеза, оценка и биоиндикация загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами. Участвовал во многих международных проектах (Испания, Германия, Китай). Имеет более 30 публикаций в республиканских и международных изданиях, 4 в научных журналах входящие в SCOPUS и Web of Sciences.



Акбаров Фахриддин Нарзуллаевич – м.н.с. отдела гляциальной геологии ИГГ им. Х.М. Абдуллаева. Направлениями научного исследования являются почвоведение, гляциология, гляциальная геоморфология.



Мамиров Халимжон Алимович - м.н.с. отдела гляциальной геологии ИГГ им. Х.М. Абдуллаева. Основная область исследований метеорология, гляциология, гидрология.



Турсебеков Арпай Халилович – канд. г.-м. наук, в.н.с. лаборатории геохимии ИГГ им. Х.М. Абдуллаева. Основная область исследований геохимия, минералогия, геотехнология, разработка технологий утилизация техногенных отходов. Участвовал во многих международных проектах (Монголия, Россия, Китай). Имеет более 150 публикаций в республиканских и международных изданиях, 6 в научных журналах входящие в SCOPUS и Web of Sciences. Автор более 10 монографий.

ШУКУРОВ Н.Э., ПЕТРОВ М.А., НИ А.А., ШУКУРОВ Ш.Р., КОДИРОВ О.Ш.,
АКБАРОВ Ф.Н., МАМИРОВ Х.А., ТУРЕСЕБЕКОВ А.Х.

**ЭВОЛЮЦИЯ И ДИНАМИКА ПРИРОДНЫХ И
ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА
ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Утверждено к печати Ученым Советом
Института геологии и геофизики им.Х.М.Абдуллаева

Редактор *Н.Ниязова*
Корректор *М.Талипова*
Компьютерная верстка *Н.Файзиева*

Наш лиц. АИ № 276, 15.06.2015
Босишга рухсат этилди: 25.05.2021 йил
Бичими 60x84 1/16. «Times New Roman»
гарнитурара рақамли босма усулда чоп этилди.
Шартли босма табоғи 14,6. Адади 150 . Буюртма № 25-05
Тел: (99) 832 99 79; (97) 815 44 54
“LESSON PRESS” МЧЖ нашриёти,
100071, Тошкент, Комолон кўчаси, 13.
«IMPRESS MEDIA» МЧЖ босмаҳонасида чоп этилди.
Тошкент шаҳри, Қушбеги кўчаси, 6-уй.



ISBN:978-9943-7219-2-0

