

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр
Российской академии наук»

На правах рукописи

Дреева Фатима Робертовна

**ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ГОРНЫХ
РЕКАХ КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИРОДНЫХ И
АНТРОПОГЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1.6.21. Геоэкология

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Научный руководитель
Бакаева Елена Николаевна
доктор биологических наук

Нальчик – 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕГИОНА ИССЛЕДОВАНИЯ.	13
1.1. Описание региона исследования.....	13
1.1.1. Рельеф и геологическое строение.....	13
1.1.2. Климат.....	18
1.1.3. Почвы и растительность.....	20
1.1.4. Водные ресурсы.....	23
1.2. Изученность микроэлементного состава природных вод КБР.....	29
1.2.1. История изучения микроэлементного состава природных вод КБР.....	29
1.2.2. Современные исследования микроэлементного состава рек КБР.....	30
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	33
ГЛАВА 3. ИСТОЧНИКИ ПРИРОДНОГО И АНТРОПОГЕННОГО ПОСТУПЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ГОРНЫЕ РЕКИ КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ.....	40
3.1. Дренируемые породы.....	40
3.2. Источники пресных и минеральных подземных вод.....	45
3.3. Антропогенные источники поступления.....	53
ГЛАВА 4. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РЕЧНЫХ ВОДАХ ГОРНОЙ ТЕРРИТОРИИ КБР.....	59
4.1. Содержание микроэлементов в водах бассейнов главных горных рек КБР.....	59
4.1.1. Бассейн реки Малка.....	59
4.1.2. Бассейн реки Баксан.....	64
4.1.3. Бассейн реки Чегем.....	71
4.1.4. Бассейн реки Черек.....	77

4.2. Сравнительная характеристика и особенности распределения микроэлементов в водах главных реках КБР.....	82
ГЛАВА 5. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ГОРНЫХ РЕК КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА Р. БАКСАН.....	98
ГЛАВА 6. СОЗДАНИЕ КАРТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РЕКАХ ГОРНОЙ ЧАСТИ КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ.....	107
6.1. Картографирование гидрохимической информации.....	107
6.2. Карты распределения микроэлементов в водах горных рек Кабардино-Балкарии.....	114
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	121
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	124
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	144
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	155

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Одним из важнейших показателей качества природных вод является их микроэлементный состав. Хотя в большинстве случаев микрокомпоненты содержатся в природных водах в весьма малых количествах (Никаноров, 2008), некоторые из них являются весьма токсичными и способны оказать негативное воздействие на живые организмы, в том числе и мутагенное (Реутова и др., 2011; Martyn et al., 1989; Flaten, 2001; Kawahara et al., 2011; Shugalei et al., 2013; Uriu-Adams et al., 2005; Reutova et al., 2022). Некоторые из микроэлементов, например, тяжелые металлы, способны накапливаться в экосистемах и живых организмах и оказывать токсичное действие на них даже после прекращения поступления, поэтому они относятся к приоритетным загрязнителям, содержание которых в воде строго нормируется. В то же время, при недостаточном поступлении ряда микропримесей в организм человека или животных могут возникнуть заболевания, вызванные их дефицитом (такие, как эндемический зоб) и нарушения обмена веществ (Hummel et al., 2007; De Flora et al., 1990). В воде содержатся растворимые формы микроэлементов, которые способны к активной миграции, а значит, наиболее легко усваиваются живыми организмами. Именно поэтому необходимо контролировать их содержание в природных водах.

Существует общепринятое мнение, что в высокогорных ледниках сосредоточены большие запасы «кристально чистой воды», а вода в реках, которые берут от них начало, является эталоном качества. Действительно, практически всегда воды в таких реках являются ультрапресными, а изучение микроэлементного состава этих вод зачастую считают нецелесообразным, так как в таких районах окружающая среда практически не испытывает серьезной антропогенной нагрузки. При этом редко возникает мысль о том, что в складчатых областях, где все еще происходят глубинные процессы, бывает сильно повышен геохимический фон многих микроэлементов, что не может не сказаться на составе природных вод. Одним из таких регионов является и Центральный Кавказ, а

именно его западная часть, которая расположена в пределах Кабардино-Балкарской Республики. Здесь встречается множество месторождений и проявлений металлических полезных ископаемых (Лаврищев и др., 2011; Письменный и др., 2013; Письменный и др., 2021; Письменный и др., 2002) и выходов глубинных подземных вод, отличающихся своеобразным составом (Реутова и др., 2017б; Лаврушин, 2012). Кроме того, происходит выпадение загрязняющих веществ с сухими и мокрыми осадками из атмосферы и накопление их в ледниках, сток с которых питает большинство рек и ручьев исследуемой территории (Кутузов и др., 2014; Кудерина и др., 2017; Керимов и др., 2018). Всё это приводит к повышенному содержанию микроэлементов в природных водах даже в зонах, свободных от техногенной нагрузки (Дреева и др., 2017). При этом, горные территории Кабардино-Балкарской Республики отличаются высокой степенью освоенности. Здесь на высотах более 2000 м н.у.м. расположены не только населённые пункты с постоянным населением общей численностью в несколько тысяч человек, но и крупный круглогодичный туристический кластер «Курорт Эльбрус», способный принять за сезон несколько сотен тысяч человек (Министерство курортов и туризма КБР..., 2022). Для водоснабжения населения и туристов здесь используют как подземные источники, так и воду из небольших поверхностных рек и ручьев без их дополнительного обследования, и единственным этапом водоподготовки которых может быть очистка от механических примесей путем отстаивания. Оценка качества природных вод с позиции загрязненности их микроэлементами в данном регионе также не проводилась. Кроме того, различные источники питания рек региона (с участием ледникового - далее по тексту приняты за «ледниковые» или без поступления талых вод ледников – «неледниковые»), большое разнообразие факторов, оказывающих влияние на состав вод, и их различных сочетаний позволяет выявить некоторые закономерности формирования микроэлементного состава речных вод в горной зоне Кабардино-Балкарии. Все это обуславливает актуальность данного исследования.

Степень разработанности проблемы. Первые исследования состава природных вод на территории Кабардино-Балкарской Республики начали

проводить еще в начале XX века (Балкаров и др., 1960). Регулярные наблюдения за химическим составом рек бассейна Терека стали проводиться в 40-е годы XX века (Панов и др., 2015), но использовались ныне устаревшие методы, не позволяющие достаточно точно определить низкие концентрации различных соединений, а следовые концентрации микроэлементов и вовсе было невозможно определить (Гидрохимический бюллетень..., 1967).

На современном этапе исследования содержания микропримесей в реках Кабардино-Балкарской Республики носили эпизодический характер, зачастую были связаны с оценкой влияния деятельности горнопромышленного предприятия на компоненты окружающей среды (Хаустов и др., 2012; Винокуров и др., 2016), с отдельными водными объектами (Дегтярев и др., 2020; Кучменова и др., 2021; Конгапшев и др., 2019) или включали ограниченный перечень компонентов (Жинжакова и др., 2017; Бакаева и др., 2013). Наиболее подробно содержание микроэлементов в природных водах Кабардино-Балкарии на протяжении многих лет изучали в Высокогорном геофизическом институте, однако створы наблюдения находились на наиболее крупных реках региона достаточно далеко от истоков на территориях с высокой степенью освоенности (Реутова и др., 2015а), что в итоге не позволяло однозначно определить источники поступления загрязняющих веществ и выявить особенности формирования микроэлементного состава речных вод Кабардино-Балкарской Республики от самых истоков. Кроме того, ранее не предпринималось никаких попыток построить карты распределения микроэлементов в реках региона и оценить комплексную загрязненность микроэлементами на основе общепринятой методики. Наши исследования направлены на восполнение этих пробелов.

Цель исследования. Выявить особенности распределения микроэлементов в водах рек горной части Кабардино-Балкарии под влиянием природных и антропогенных источников их поступления.

Задачи исследования.

1. Охарактеризовать источники природного и антропогенного поступления микроэлементов в речные воды горной территории Кабардино-Балкарии.

2. Изучить содержание ряда микроэлементов (Al, Mo, Cu, Zn, Mn, Ni, Cr, Pb, Cd, Ag) и выявить особенности их распределения в водах горной части бассейнов рек Малка, Баксан, Чегем и Черек.

3. Оценить степень загрязнённости микроэлементами вод горных рек Кабардино-Балкарской Республики от зоны формирования до выхода на предгорную равнину.

4. Составить карты распределения отдельных микроэлементов в реках Кабардино-Балкарской Республики с использованием ГИС-технологий.

Объект исследования. Главные горные реки Кабардино-Балкарской Республики (Малка, Баксан, Чегем и Черек) и их притоки.

Предмет изучения. Особенности распределения микроэлементов в речных водах горной части Кабардино-Балкарской Республики.

Научная новизна.

Получены новые данные по распределению микроэлементов в водах главных рек КБР от высокогорья до выхода на предгорную равнину, испытывающих влияние природных и антропогенных факторов.

Впервые установлен микроэлементный состав вод малых ледниковых и неледниковых рек высокогорной части Кабардино-Балкарии, формирующих главные реки региона исследования.

Выявлены точечные природные источники поступления микроэлементов в горные реки.

Впервые проведена комплексная оценка загрязнённости микроэлементами вод бассейна реки Баксан от зоны формирования до выхода на предгорную равнину.

Теоретическая значимость. Впервые получен обширный массив данных по содержанию алюминия, молибдена, цинка, меди, марганца, хрома, никеля, свинца, кадмия и серебра в речных водах горной части бассейнов рек Малка, Баксан, Чегем и Черек. Выявлены особенности пространственного распределения микроэлементов в горных реках Кабардино-Балкарии. Проведена оценка загрязнённости микроэлементами вод горных рек бассейна р. Баксан от зоны

формирования до выхода на равнину. Выделены природные и антропогенные источники поступления микроэлементов в речные воды бассейнов основных рек Кабардино-Балкарской Республики.

Практическая значимость. Результаты исследований использованы при подготовке итоговых отчётов по темам научно-исследовательских работ, проводимых в Центре географических исследований Кабардино-Балкарского научного центра РАН в 2013-2021 годах. Подготовлен комплект карт распределения микроэлементов в ледниковых и неледниковых реках горной части Кабардино-Балкарской Республики и разработана структура базы данных, используемой для их построения. Материалы, полученные в ходе подготовки диссертации, были использованы при разработке программы дополнительного образования детей, реализуемой в объединении «Геоэкология» Дворца творчества детей и молодежи в г. Нальчик. Основные положения и выводы работы использовались при чтении курса лекций по экотоксикологии в Институте наук о Земле ЮФУ.

Методология и методы исследования. В работе использовались описательный, сравнительный, картографический, экспедиционный, географо-гидрологический, геоэкологический методы, методы химического и математического анализа, статистической обработки и моделирования, для реализации которых использованы программы MS Excel и Golden Software Surfer. Определение содержания растворимых форм микроэлементов выполнялось методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией. Оценка загрязненности водных объектов горной части Кабардино-Балкарской Республики проводилась путем сравнения с ПДК_{рыб.хоз.} и на основе РД 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям», разработанного в ФГБУ «Гидрохимический институт» с использованием свободного перечня загрязнителей, который позволяет использовать любой набор ингредиентов при расчетах уровня загрязненности.

Защищаемые положения.

1. Основными природными источниками поступления микроэлементов в горные реки Кабардино-Балкарии являются подземные пресные и минеральные воды, дренируемые горные породы, слагающие территории водосбора, а антропогенными - Тырныаузский вольфрамо-молибденовый комбинат и его отдельные объекты.

2. Пространственное распределение двух групп микроэлементов в горных реках Кабардино-Балкарии от высокогорья к низкогорью в разных бассейнах имеет общие черты и особенности, которые для отдельных элементов и бассейнов вызваны изменением гидрохимических условий и наличием природных и антропогенных источников поступления. Первая группа микроэлементов (Al, Mn и Pb) имеет тенденцию к снижению концентраций по течению, вторая, подавляющая по числу элементов (Mo, Ni, Cr, Cu, Zn, Ag, Cd) – хаотичное распределение.

3. Особенностью реки Баксан является одинаково высокая степень загрязнённости микроэлементами («грязные» – 4 «а», «б»), как в высокогорье, так и в средне- и низкогорье, обусловленная разными источниками поступления загрязнителей - природными и антропогенными соответственно.

Фактический материал. Диссертационная работа основана на оригинальном материале, полученном автором в ходе полевых работ и лабораторных исследований, проводимых Центром географических исследований Кабардино-Балкарского научного центра РАН по темам «Исследование природных и техногенных загрязнителей в различных ландшафтных условиях и разработка генетических методов их биоиндикации» (2013-2015 гг.), «Исследование закономерностей формирования и динамики содержания микропримесей в поверхностных водах горной зоны Центрального Кавказа» (2016-2018 гг.) и «Исследование динамики состава природных вод Северного Кавказа в зависимости от высотной зональности и биоиндикация влияния условий высокогорья на живые организмы» (2019-2021 гг.). Всего отобрано более 700 проб воды в 170 створах, в том числе в бассейнах р. Малка - 31 створ, р. Баксан – 71, р. Чегем – 29 и р. Черек -

39. В пробах выполнялось измерение содержания 10 микроэлементов (Ag, Cd, Pb, Zn, Mn, Cu, Ni, Cr, Mo и Al). Всего было выполнено более 20000 измерений.

Соответствие паспорту научной специальности. Диссертационная работа соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности 1.6.21. Геоэкология:

1. Изучение состава, строения, свойств, процессов, физических и геохимических полей геосфер Земли как среды обитания человека и других организмов.

5. Природная среда и индикаторы ее изменения под влиянием естественных природных процессов и хозяйственной деятельности человека (химическое и радиоактивное загрязнение биоты, почв, пород, поверхностных и подземных вод), наведенных физических полей, изменения состояния криолитозоны.

Степень достоверности и апробация результатов. Обширный фактический материал, лежащий в основе исследования, полученный в ходе собственных полевых и лабораторных исследований с применением установленных нормативными документами методик, а также современные высокоточные приборы и методы определения содержания микропримесей в воде, использованные в работе, позволяют говорить о достоверности полученных результатов.

Основные результаты исследования были представлены на Международных и Всероссийских конференциях: «Водные ресурсы, экология и гидрологическая безопасность», г. Москва, 25-27 июня 2014 г.; «Перспектива-2015», Нальчик, 24–27 апреля 2015 г.; «Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод», г. Ростов-на-Дону, 8-10 сентября 2015 г.; «Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов», г. Москва, 15-18 сентября 2015 г.; «Бассейн реки Терек: проблемы регулирования, восстановления и реабилитации водных объектов», г. Пятигорск, Махачкала, Нальчик, 27-30 мая 2015 г.; «Актуальные проблемы наук о Земле», г. Ростов-на-Дону, 27 октября 2016 г.; «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа», г. Ессентуки, 01-03 декабря 2016 г.; «Устойчивое развитие: проблемы, концепции, модели», г.

Нальчик, 16-19 мая 2017 г.; «Третьи ландшафтно-экологические чтения «Ландшафтная география в XXI веке»», г. Симферополь, 11 - 14 сентября 2018 г.; «Фундаментальные и прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных информационных технологий», г. Майкоп, 20–24 мая 2019 г.; «Актуальные направления сбалансированного развития горных территорий в контексте междисциплинарного подхода», г. Карачаевск, 27–29 сентября 2019 г.; «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа», г. Грозный, 14–16 октября 2020 г.; «Изучение водных и наземных экосистем: история и современность», г. Севастополь, 13–18 сентября 2021 г.; «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа (ГЕОКАВКАЗ 2022)», г. Махачкала, 15-19 июня 2022 г.; «XX Всероссийская Ферсмановская научная сессия», г. Апатиты, 03 - 04 Апреля 2023 г.; «Фундаментальные и прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных информационных технологий», г. Майкоп, 15-19 мая 2023 г.

Публикации. По материалам диссертационного исследования опубликовано 44 научные работы, в том числе 3 в журналах, индексируемых в международных базах Web of Science и Scopus, 7 - в журналах из Перечней рецензируемых научных изданий ЮФУ и ВАК, 1 монография и 33 работы в рецензируемых журналах, тематических сборниках трудов и материалах международных и всероссийских конференций, совещаний.

Личный вклад автора. Автор лично участвовал во всех этапах выполнения работы, включая участие в 30 экспедициях в горные районы Кабардино-Балкарии для отбора проб, подготовке проб и определении микроэлементного состава вод в лабораторных условиях на приборе МГА-915. Проведена систематизация и анализ полученных данных, на основе которых выполнена оценка загрязненности р. Баксан и ее притоков микроэлементами. Автором разработан подход к картографированию полученной гидрохимической информации и на его основе построен комплект карт по распределению микроэлементов в бассейнах рек Кабардино-Балкарии. Автором совместно с научным руководителем обоснована

актуальность темы диссертации, определены цель и задачи исследования, выполнена интерпретация результатов.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы и 2 приложений. Изложена на 156 страницах, проиллюстрирована 21 таблицей и 38 рисунками. Список литературы состоит из 137 наименований, из них 11 на иностранных языках.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю – доктору биологических наук Бакаевой Елене Николаевне за поддержку и всестороннюю помощь в подготовке диссертационной работы, а также своим коллегам – сотрудникам Центра географических исследований Федерального научного центра «КБНЦ РАН», особенно своим соавторам Реутовой Нине Васильевне и Реутовой Татьяне Васильевне, совместные исследования с которыми внесли неоценимый вклад в выполнение диссертационного исследования на всех его этапах. Особо признателен автор сотрудникам кафедры геоэкологии и прикладной геохимии Института наук о Земле Южного федерального университета и лично профессору Закруткину Владимиру Евгеньевичу за советы и консультации при написании диссертационной работы.

ГЛАВА 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕГИОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Описание региона исследования

1.1.1. Рельеф и геологическое строение

Регион исследования расположен в центральной части северного макросклона Большого Кавказа (рисунок 1.1). В природно-территориальном комплексе регион входит в пояс гор, окаймляющих Восточно-Европейскую равнину с юга и юго-запада (Информационная система..., 2023).

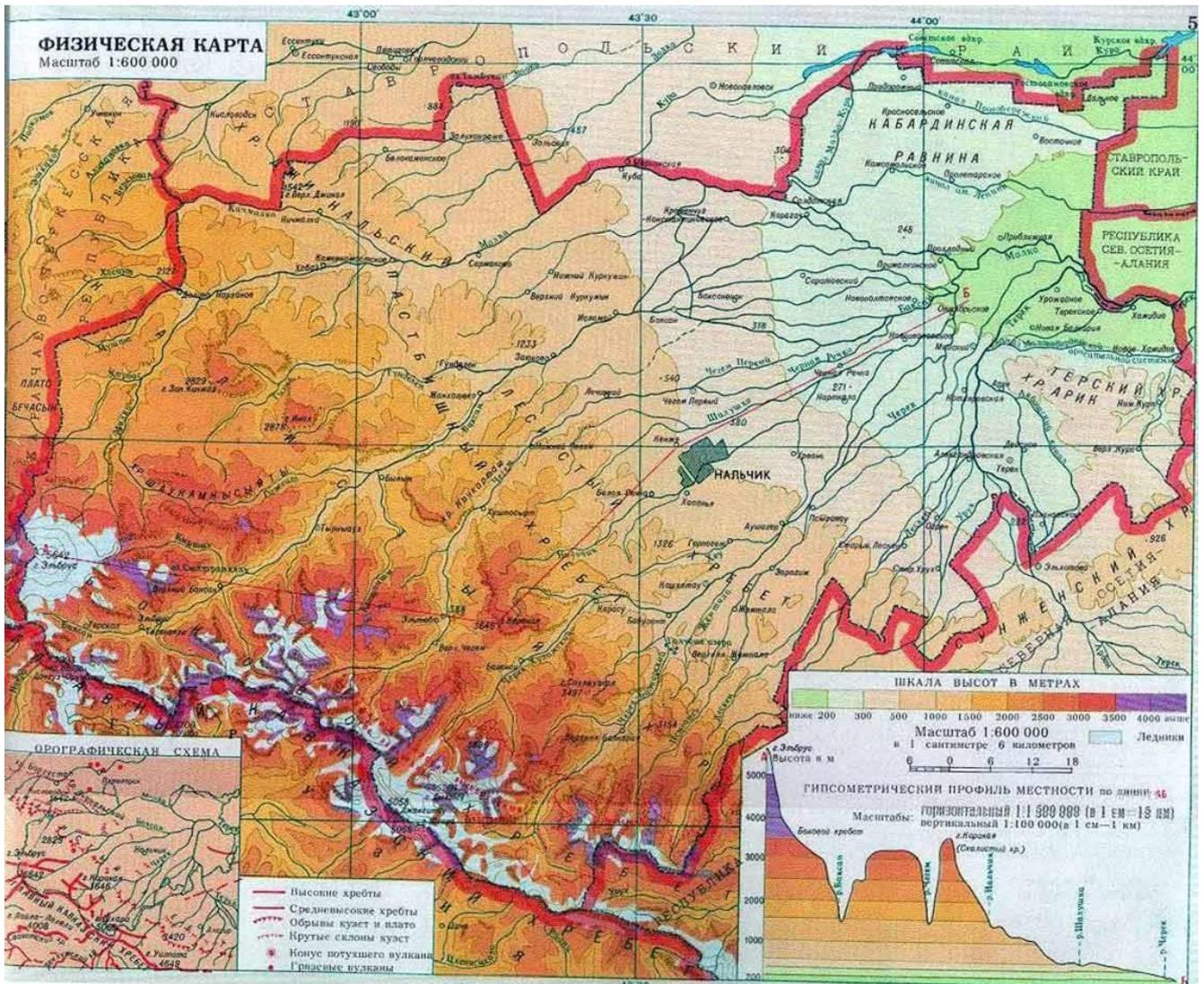
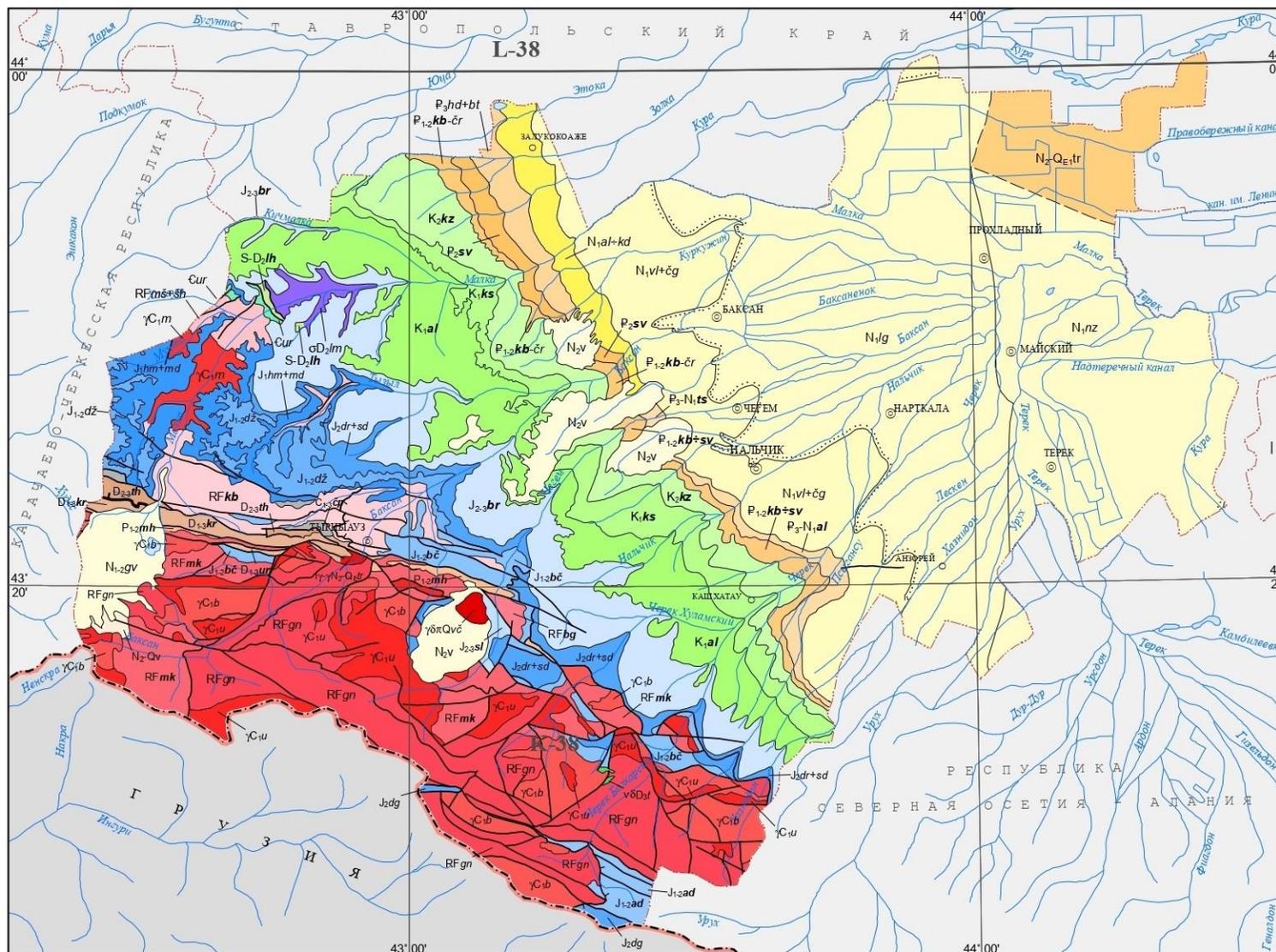


Рисунок 1.1 - Физическая карта Кабардино-Балкарской Республики (Атлас..., 1997)

По рельефу на территории Кабардино-Балкарии выделяется три основные части (с востока на юго-запад): наклонная равнина (170 - 500 м), предгорья (500 - 1000 м), горы (выше 1000 м) (Бураев, Емузова, 1998). В горной зоне выделяются Главный, Боковой, Передовой, Скалистый, Пастбищный (Меловой) и Лесистый хребты, разделенные сериями внутригорных котловин и депрессиями (Лутков, 2009). Они состоят из отдельных массивов, разделенных долинами рек Малка, Баксан, Чегем и Черек. Для Главного, Бокового и Передового хребтов характерны древнеледниковые формы и мощное современное оледенение, в рельефе прослеживается влияние эрозионных и денудационных процессов. Севернее расположены передовые хребты (Скалистый, Пастбищный (Меловой) и Лесистый), представляющие собой куэстовые гряды с пологими северными склонами и обрывистыми южными (Панов и др., 2015).

Территория бассейна водосбора отличается сложным геологическим строением (рисунок 1.2) и разнообразием слагающих горных пород: от наиболее древних кристаллических сланцев и гнейсов докембрия, слагающих Главный и Боковой хребты, до молодых эффузивов миоцен-четвертичного возраста и современных осадочных отложений (Гриднев, 1968). В долине реки Чегем расположены множественные выходы на поверхность разнообразных по составу кварцитов. Известняки нижнего палеозоя распространены по среднему течению реки Малки и Хасауту. Эффузивы, туфы, конгломераты, филлиты выходят на поверхность узкой полосой в верховьях Малки, Тызыла, Мушта к западу от Тырнаузской зоны. Отложения среднего и верхнего карбона образуют угленосные пласты в печаниково - сланцевых толщах в бассейнах рек Малка, Тызыл, Гижгит, Кестанты.

Наиболее обширны на территории республики мезозойские отложения, залегающие на древнем кристаллическом основании в бассейне реки Черек Безенгийский. Мощные отложения глинистых сланцев (до 2000 м) находятся в долинах рек Чегем, Черек Безенгийский, по левобережью реки Чайнашки. Скалистый хребет слагают верхнеюрские известняки, доломиты, мергели, песчаники, глинистые сланцы, конгломераты. А Лесистый и Пастбищный



- Условные обозначения:**
- Населенные пункты
 - НАЛЬЧИК (with circle symbol) - Административный центр Республики Кабардино-Балкария
 - (with circle symbol) - Административные центры муниципальных образований
 - БАКСАН (with circle symbol) - Города
 - КАШКАТАУ (with circle symbol) - Поселки
 - На карте показаны:
 - I - Республика Ингушетия
 - Границы
 - (with thick dashed line) - Государственные
 - (with thin dashed line) - Субъектов РФ
 - Гидрография
 - (with blue area) - Озера
 - (with blue line) - Речная сеть, береговая линия

Карта подготовлена ФГБУ "ВСЕГЕИ" в рамках выполнения Государственного задания Федерального агентства по недропользованию от 26.12.2019 г. № 049-00017-20-04 (в ред. от 13.10.2020 № 049-00017-20-06)

в 1 сантиметре 7 километров
 км 7 3 5 0 7 14 21 28 км

Проекция равнопромежуточная коническая (эллипсоид Красовского). Осевой меридиан 43°00' Данные представлены по состоянию на 01.09.2020 г. Составлена на основе бесшовной геологической карты масштаба 1 : 1 000 000 по группе листов в пределах Южно-Европейского региона (листы L-38, K-38)

Рисунок 1.2 - Геологическая карта Кабардино-Балкарской Республики (ГИС-пакеты..., 2022)

(Меловой) хребты сложены песчаниками, мергелями мелового периода. Отложения холмистых предгорий и равнинной части представлены верхнечетвертичными и четвертичными галечниками, песками, глинами, конгломератами, песчаниками, известковым туфом (Гриднев, 1968).

На северном склоне Центрального Кавказа в пределах Кабардино-Балкарии отчетливо выражены формы проявления новейшего (миоцен-четвертичного) магматизма, представленные как эффузивными, так и интрузивными образованиями. Формы эффузивного вулканизма выражены в виде мощных вулканических конусов (Эльбрус) и обширных лавовых и туфовых покровов (Нижне- и Верхне-Чегемский районы). Интрузивные формы новейшего магматизма представлены множественными экструзиями и дайками. Все они находятся в разной стадии денудации, что в значительной степени определяет особенности их морфологии.

Минерально-сырьевая база на территории исследования представлена весьма широким перечнем полезных ископаемых. Среди них каменный уголь, черные, цветные, редкие и благородные металлы, драгоценные и поделочные камни, многочисленные виды ценных строительных материалов, различные виды горно-химического сырья, минеральные и пресные подземные воды различного значения. Некоторые месторождения являются уникальными по масштабу и типу (Тырныаузское месторождение вольфрама и молибдена, Малкинское месторождение природно-легированных железных руд), однако большая часть месторождений относится к мелким. Кроме месторождений встречаются многочисленные проявления и пункты минерализации упомянутых выше полезных ископаемых (Лаврищев и др., 2011; Письменный и др., 2013; Письменный и др., 2021; Письменный и др., 2002). Разрабатываются в настоящее время только месторождения общераспространенных полезных ископаемых, пресных и минеральных подземных вод, а также углеводородов (Доклад..., 2021). Наиболее изучены и готовы к освоению более 30 месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых (таблица 1.1).

Таблица 1.1 - Перечень месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых (ГИС-Пакеты..., 2022).

Название	Освоенность	Главное п.и./попутное п.и.	Ранг
Благодарненское	н.ф.	гранат / -	крупное
Тырныаузское	н.ф.	Wо, Мо / Au, Ag, Cu, Вi	крупное
Гитче-Тырныауз	н.ф.	Wо, Мо	среднее
Хеу	н.ф.	глина бентонитовая	мелкое
Нальчикское	н.ф.	глина бентонитовая	среднее
Куркужинское	н.ф.	камни пильные (туф)	мелкое
Заюковское	р.	камни пильные (туф)	крупное
Каменское	р.	камни пильные (туф)	крупное
Хакаюкское	п.о.	перлитовое сырье	мелкое
Гитче-Тырныаузское	п.о.	полевошпатовое сырье	мелкое
Малкинское	р.	природные облиц. камни (гранит)	мелкое
Эльджуртинский уч-к	п.о.	природные облиц. камни (гранит)/ строительные камни (гранит)	мелкое
Лечинкайское	р.	природные облиц. камни (туф)	крупное
Казганчийское	н.ф.	природные облиц. камни (туф)	мелкое
Актопракское	р.	строительные камни (кварцит)	мелкое
Винт	р.	строительные камни (туф)	среднее
Кызгенское	р.	строительные камни (кварцит)	мелкое
Каменское	р.	строительные камни (туф)	крупное
Верхне-Балкарское	п.о.	строительные камни (гранит)	мелкое
Заюковское I	н.ф.	строительные камни (туфолавы)	мелкое
Герпегежское		формовочный материал (глины)	среднее
Агубековское	н.ф.	цементное сырье (глины)	мелкое
Верхне-Кенженское	н.ф.	цементное сырье (мергель)	мелкое
Сармаковское	н.ф.	цементное сырье (известняк)	среднее
Радужное	н.ф.	Au, Ag	мелкое
Нижнескарновое	н.ф.	абразивы (гранат)	крупное
Бедыкское	р.	гипс	крупное
Баксанское	р.	гипс	мелкое
Эльтюбинское	п.о.	строительные камни (известняк)	мелкое
Шаухнинское	п.о.	строительные камни (андезит)	мелкое
Крндухское	п.о.	строительные камни (андезит)	мелкое
Белореченское	н.ф.	строительные камни (известняк)	крупное
Тамбуканское	р.	лечебные грязи	мелкое

*Примечание: н.ф. – нераспределенный фонд; р. – разрабатываемое; п.о. – подготавливаемое к освоению

Район исследования также характеризуется активно протекающими склоновыми процессами, связанными с особенностями его геоморфологического и

геологического строения, в том числе катастрофическими селями и оползнями, которые активизируются при возникновении благоприятных для их формирования погодных условий (Кюль и др., 2019). В результате, обломочный материал аккумулируется в долинах рек и у подножия склонов.

1.1.2. Климат

Территория Кабардино-Балкарии находится в южной части умеренного климатического пояса. Горный рельеф вызывает высотную зональность климата, которая особенно сильно проявляется в высокогорной области Кабардино-Балкарии (Информационная система..., 2023). В результате, здесь выделяются следующие типы климатов: умеренно - континентальный (предгорная часть) и высокогорный (горная часть) (Атлас..., 1997; Бураев, Емузова, 1998).

Благодаря расположению в относительно низких южных широтах, на территорию республики поступают значительные суммы солнечной радиации, максимум которых приходится на период с мая по июль при наибольших высотах солнца и продолжительности дня. В высокогорных районах поступление солнечной радиации на единицу площади сильно зависит от рельефа и экспозиции склонов, а также большое влияние оказывают условия местной затененности. Заметно изменяются с высотой величины прямой, рассеянной и суммарной радиации. Так, суммарная радиация и эффективное излучение с высотой увеличиваются, а поглощенная радиация – уменьшается. Если в предгорных районах значения альбедо отмечаются на уровне 15-18 %, то в высокогорье достигают 46-55 % за год (Панов, 1993).

Расположенные на границе умеренного и субтропического климатических поясов, Кавказские горы являются важным климаторазделом. Закрытая с юга и юго-запада горами Большого Кавказа, территория КБР остается открытой для свободного вторжения холодных воздушных масс из Арктики с севера и северо-запада. Рельеф также оказывает большое влияние на распределение осадков. Высотная зональность климата особенно сильно проявляется в высокогорной

области Центрального Кавказа. На общее изменение температуры и влажности воздуха с высотой накладывается изменение циркуляции воздуха в высоких слоях атмосферы. В горных районах ведущая роль принадлежит западному переносу воздуха (Бураев, Емузова, 1998).

Естественным является понижение температуры воздуха с увеличением абсолютных высот, но при этом наименьшие вертикальные градиенты отмечаются в холодный период (0,50 – 0,55 °С/100 м), а наибольшие – в теплый (0,64 – 0,69 °С/100 м). Средняя годовая температура воздуха положительна до высот 2400-2800 м (Панов, 1993). Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха выше 0 °С также уменьшается с повышением абсолютных высот. Если на равнине он составляет более 250 дней, то в высокогорных районах - менее 160 дней (Атлас..., 1997). В холодный период средняя температура отрицательная во всей горной части региона, а в теплый – на высотах более 3500 м. В межгорных котловинах в декабре – марте температура воздуха бывает выше на 0,2-2,8 °С выше, чем в предгорных районах (Панов с и др., 2015).

Атмосферные осадки распределяются крайне неравномерно: очень малое количество выпадает на северо-востоке (менее 300 мм в год), в то время как на наветренных склонах в высокогорьях выпадает свыше 1000 мм. Общая для Кавказа закономерность в распределении осадков (уменьшение их количества с запада на восток и увеличение с высотой) на территории Кабардино-Балкарии перекрывается влиянием рельефа. На северных склонах передовых хребтов в средне- и низкогорной зонах количество осадков увеличивается, а на южных отмечается значительное уменьшение их количества, вызванное явлением «дождевой тени». Особенно ярко это проявляется в районе Северо-Юрской депрессии и на южном склоне Скалистого хребта, где среднее годовое количество осадков резко уменьшается с 700-800 мм до 300 мм (таблица 1.2). Большая часть осадков выпадает в теплое время года - с апреля по октябрь количество осадков увеличивается по сравнению с холодным периодом в 3-4 раза (Бураев, Емузова, 1998; Панов и др., 2015).

По условиям увлажнения территорию Кабардино-Балкарской Республики разделяют также на три района (Бураев, Емузова, 1998):

- Степная зона. Засушливый климат с недостаточным, неустойчивым увлажнением (300 -400 мм), коэффициент увлажнения 0,7-0,9;
- Предгорная зона. Умеренно влажный климат с нормальным увлажнением (400-600 мм), коэффициент увлажнения 1,1-1,3;
- Высокогорная зона. Влажный климат с избыточным увлажнением (600-1000 мм и более), коэффициент увлажнения более 1,7.

Таблица 1.2 - Количество осадков в год для отдельных пунктов на различных высотах (Панов и др., 2015).

№№	Пункт	Высота, м	Кол-во осадков, мм
1	Прохладный	199	480
2	Нальчик	441	597
3	Баксан	457	496
4	Белая Речка	662	728
5	Кашхатау	708	662
6	Каменноостское	821	563
7	Кенделен	860	542
8	Нижний Чегем	893	536
9	Верхняя Балкария	1165	368
10	Тырныауз	1275	448
11	Безенги	1700	305
12	Эльбрус	4080	825

1.1.3. Почвы и растительность

Почвенный покров отличается большим разнообразием, что объясняется различием физико-географических условий. Основной чертой распространения

почв является вертикальная зональность и большое разнообразие по видовому составу (Бураев, Емузова, 1998).

На территории Кабардино-Балкарской Республики выделяют шесть почвенных зон (Керефов, Фиапшев, 1968):

- высокогорная (преобладание альпийских и субальпийских горно-луговых почв);
- горно-лесная с преобладанием горно-лесных серых почв;
- горно-степная с преобладанием горных черноземов;
- лугово-степная зона выщелоченных и типичных кавказских черноземов;
- степная с преобладанием обыкновенных предкавказских черноземов;
- сухостепная зона южных предкавказских черноземов.

В пределах региона исследования представлено несколько основных типов почв. Чернозёмы, представленные несколькими прототипами (черноземы предкавказские карбонатные, слабо выщелоченные и выщелоченные), распространены в Кабардино-Балкарии на землях Старого Черека, Чегема Первого и других населенных пунктов в предгорной зоне. На безлесных участках Пастбищного и Скалистого хребтов образуются горные черноземы с мощностью гумусового горизонта до 50 см. Сравнительно молодые бурые горно-лесные почвы с небольшой толщиной плодородного слоя распространены в горах, покрытых широколиственными лесами. Выше 2000 м в зоне субальпийской и альпийской растительности почвы горно-луговые с толщиной темного слоя от 20 до 60 см. Наибольшие массивы этих почв находятся на северо-западе Кабардино-Балкарии, где расположены Зольские и Нагорные пастбища. Горно-тундровые почвы мощностью до 5 см встречаются около ледников и снежников на Главном и Боковом хребтах. В долинах рек выделяют особый тип почв - аллювиальный или пойменный, который отличается высоким плодородием.

Растительный мир КБР весьма богат, что объясняется вертикальной расчлененностью рельефа, а также разнообразием климатических и почвенных условий. Встречаются редкие, реликтовые и эндемичные растения. Смена поясов на территории исследования происходит по вертикали в следующем порядке:

лесостепи, зона лесов с подзонами широколиственного и хвойного леса, зоны субальпийских и альпийских лугов, субнивальная и нивальная зоны (Бураев, Емузова, 1998).

Лесостепь вытянута узкой полосой с северо-запада на юго-восток на высоте 500-1000 м над уровнем моря, соответствуя полосе предгорий. В лесах преобладают дикие плодовые деревья и кустарники. Местами встречаются заросли малины, ежевики, хмеля, дикого винограда. Из других деревьев можно встретить дуб, липу, ясень, осину.

Общая площадь, занимаемая в пределах Кабардино-Балкарии широколиственными лесами, составляет около 80 тыс. га. В них растут бук, граб, липа и другие деревья. В подлеске широколиственных лесов растут боярышник, кизил, шиповник, смородина и другие. В травянистом покрове встречаются папоротник, ясменник душистый, кислица, мятлик лесной, горечавка голубая, ястребинка зонтичная, валериана высокая и другие.

Хвойные леса в Кабардино-Балкарии разбросаны отдельными массивами на высоте от 1600 до 2400 м над уровнем моря. В смешанных лесах хвойные и мелколиственные деревья растут в самых разнообразных пропорциях. В подлеске встречаются барбарис, дикий крыжовник, смородина, черника, волчье лыко, синяя жимолость и другие. В более влажных и тенистых местах растут различные папоротники, лютики, черемша и многие другие растения.

Субальпийские луга находятся на высоте от 1600 до 2600 м над уровнем моря. Начинаются они изломанной линией, покрывая склоны Скалистого, Бокового, Главного хребтов и большую часть Северной и Центральной депрессии. Из кормовых трав наиболее ценны злаки. На субальпийских лугах растут примулы, васильки, лилии, колокольчики.

Выше субальпийских лугов на высоте от 2600 и до 3200 м над уровнем моря размещаются альпийские луга. Здесь встречаются рябчики, незабудки, горные фиалки, горные лютики, рододендроны, смородина, отдельные кусты барбариса и пятна можжевельника.

Субнивальная зона начинается с линии 3200 м. Здесь можно встретить различные лишайники и мхи. Выше субнивальной зоны находится нивальная зона, которая покрыта снегами, ледниками и лишена растительности.

1.1.4. Водные ресурсы

Исследуемые реки Малка, Баксан, Чегем, Черек и их притоки относятся к бассейну р. Терек. Главные водные артерии региона берут начало от ледников Главного и Бокового хребтов, протекают в общем направлении с ЮЗ на СВ, пересекают Боковой, Передовой, Скалистый, Пастбищный и Лесистый хребты, а при выходе на наклонную предгорную равнину сливаются и впадают в р. Терек в районе г. Майский (рисунок 1.3).

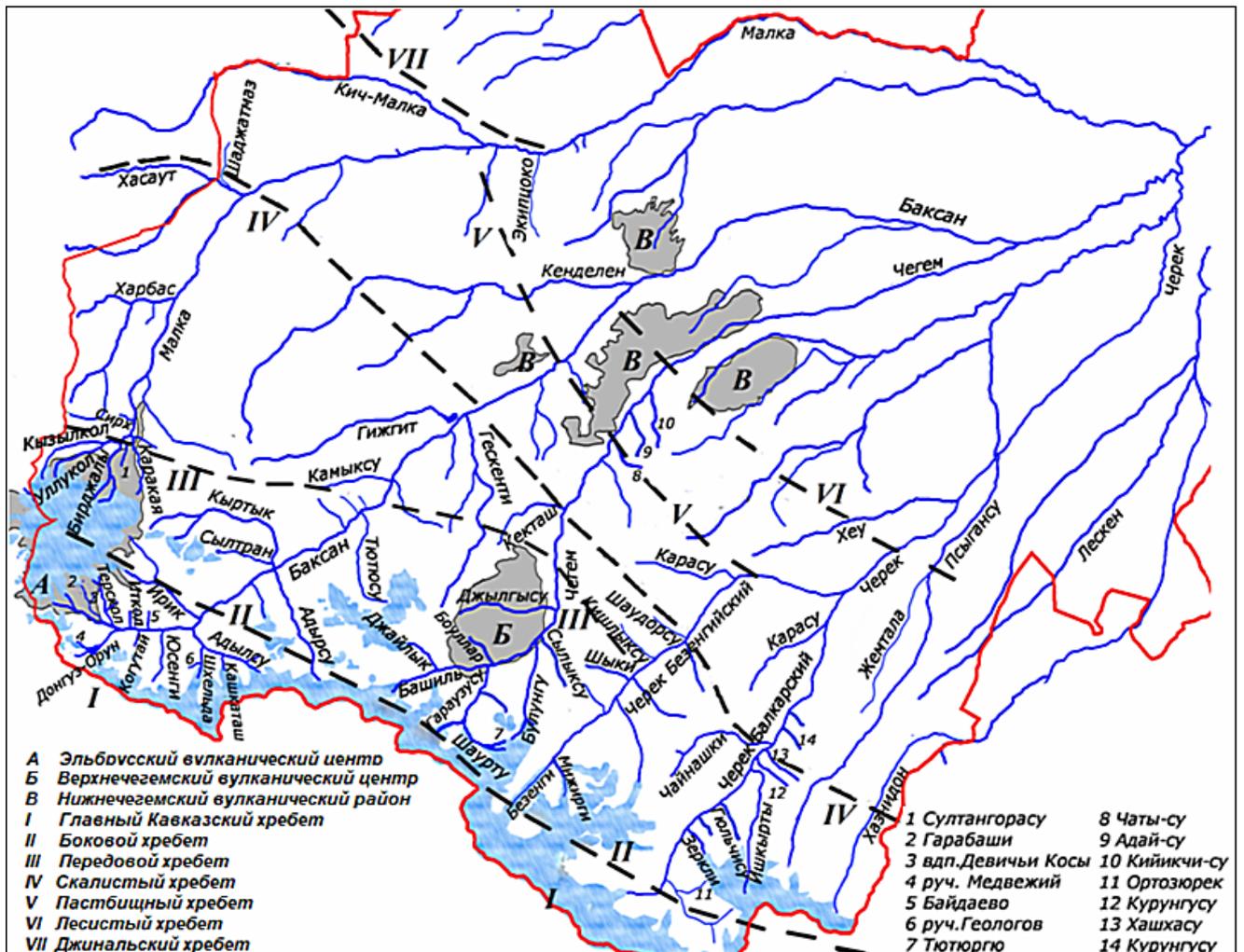


Рисунок 1.3 - Карта-схема региона исследования

В горной зоне главные реки образуют независимые друг от друга водосборные бассейны, каждый из которых имеет свои особенности. На всем протяжении реки принимают воды больших и малых притоков различного происхождения и различающихся типом питания и водным режимом. Все реки региона имеют смешанное питание, однако часть из них берет начало от ледников и питается их талыми водами (далее по тексту приняты за «ледниковые»), а часть - без поступления талых вод ледников (далее по тексту - «неледниковые»).

Наиболее крупной среди исследуемых является река Малка, которая берет начало на северных склонах горы Эльбрус от ледников Уллучиран, Карачаул, Уллукол и др., собирая воды малых рек и ручьев (Научно-популярная энциклопедия..., 2019). Длина реки – 210 км, а общая площадь бассейна (с бассейном р. Баксан) составляет около 10000 км² (Государственный водный реестр, 2019). В верховьях, за исключением первых километров по течению, река протекает в узкой долине, иногда прорезая в осадочных породах каньон шириной не более 1 метра (выше впадения р. Гедмыш) (рисунок 1.4). При выходе на предгорную наклонную равнину долина расширяется и формируется пойма реки. Наиболее крупные притоки: Шаукол, Харбаз, Хасаут, Гедмыш, Кичмалка, Куркужин и Баксан.



Рисунок 1.4 – Пойма р. Малка (р. Кызылкол) в верховьях на Поляне Эммануэля (слева) и р. Малка перед впадением р. Гедмыш (справа) (Фото Древой Ф. Р.)

Река Баксан образуется при слиянии рек Азау, Гарабаши и Терскол, образованных талыми водами одноименных ледников на южных склонах Эльбруса, а также реки Донгуз-Орун, которая берет начало от ледников Главного Кавказского хребта, причем основным истоком считается р. Азау. Протяженность реки Баксан – 169 км, а общая площадь бассейна водосбора – 6800 км² (с реками Чегем и Черек) (Государственный водный реестр, 2019). В горной части река протекает в узкой долине, а при пересечении депрессий образует широкие внутригорные котловины (рисунок 1.5). На всем протяжении река Баксан принимает воды притоков ледникового и подземного происхождения, наиболее крупными среди которых являются реки Адылсу, Ирик, Кыртык, Адырсу, Камыксу, Герхожан, Гижгит, Кестанты, Кенделен, а также реки Чегем и Черек.



Рисунок 1.5 – Верховья р. Баксан/р. Азау) (пункт отбора проб №31) (слева) и р. Баксан выше с. Былым (пункт отбора проб №35) (справа) (Фото Дреевой Ф. Р.)

Река Чегем (длина - 103 км) образуется от слияния рек Башиль и Гара-Аузусу, стекающих с ледников Главного Кавказского и Бокового хребтов, а основным истоком считается р. Башиль. Площадь бассейна водосбора – 931 км² (Государственный водный реестр, 2019). Питание смешанное, как и у прочих главных рек региона исследования. Долина реки имеет преимущественно V-образную форму в горной части бассейна, а при пересечении Скалистого хребта река Чегем прорезала каньон, ширина которого местами не превышает 25 метров

(рисунок 1.6). Притоками являются преимущественно реки подземного происхождения, длина которых не превышает 10 км. К наиболее крупным притокам относятся реки Гара-Аузусу, Булунгу-Су, Джылгысу, Джунгусу, Кекташ и Каяарты.



Рисунок 1.6 – Р. Чегем выше с. Булунгу (пункт отбора проб №102) (слева) и теснина Чегемского ущелья (справа) (Фото Дреевой Ф. Р.)

Река Черек образуется при слиянии двух практически равнозначных рек Черек Балкарский (длина реки 54 км, площадь водосбора – 688 км²) и Черек Безенгийский (Хуламский) (длина реки 46 км, площадь водосбора – 627 км²) (Государственный водный реестр, 2019), поэтому за основной исток примем р. Черек Балкарский. Общая длина реки (с р. Черек Балкарский) составляет 133 км, а площадь бассейна водосбора – 3070 км² (Государственный водный реестр, 2019). От истока до слияния с р. Черек Безенгийский, долина имеет преимущественно V-образную форму, но при пересечении Северо-Юрской депрессии образует обширную Балкарскую котловину (рисунок 1.7), где в р. Черек Балкарский впадает два наиболее крупных в горной зоне притока (р. Чайнашки и р. Рцывашки) и ряд небольших рек. Ниже по течению, как и прочие исследуемые реки, воды двух истоков р. Черек проработали глубокие каньоны в Скалистом хребте глубиной до 500 метров, но уже после их слияния в с. Бабугент, река протекает по широкой

пойме (рисунок 1.7). К наиболее значимым притокам также относятся реки Кара-Су Балкарский, Хэу, Урвань, Псыгансу.



Рисунок 1.7 – Р. Черек Балкарский в Балкарской котловине (слева) и пойма р. Черек выше с. Кашхатау (пункт отбора проб №132) (справа)
(Фото Дреевой Ф. Р.)

Водный режим у рек Малка, Баксан, Чегем и Черек одинаковый и характеризуется осенне-зимней меженью и весенне-летним половодьем. Тип питания у главных рек смешанный, с преобладанием в верховьях ледникового и подземного. По химическому составу воды относятся к гидрокарбонатному классу и кальциевой группе и являются ультрапресными и пресными. Для всех исследуемых ледниковых рек характерно усложнение химического состава и увеличение минерализации по течению (Панов и др., 2015). В реках регулярно отмечается превышение норм для рыбохозяйственных водоёмов по ряду показателей: БПК₅, ХПК, содержание сульфат-ионов, алюминия, железа общего, марганца, меди, молибдена и стронция (Доклад..., 2011 - Доклад..., 2018).

На исследуемой территории находится много выходов глубинных (как пресных, так и минеральных) и грунтовых подземных вод, сильно различающихся по химическому составу (Реутова и др., 2017б; Лаврушин В.Ю., 2012; Жинжакова Л.З. и др., 2019), в том числе более 100 проявлений лечебных минеральных подземных вод (Доклад..., 2022).

Озера на исследуемой территории изучены слабо, даже их число и площадь, приводимые в разных источниках, значительно различаются. Инструментальные исследования и вовсе проводились лишь на нескольких озерах. По бассейнам исследуемых рек озера распределены неравномерно. В высокогорье имеются небольшие по площади запрудные и каровые ледниковые озера, располагающиеся в пригребневых участках высоких хребтов (Разумовский, 2014б; Докукин и др., 2022; Зимницкий, 2013; Крыленко и др., 2008). Наиболее крупные и изученные из них расположены в бассейне р. Баксан. Это каровое озеро Сылтранкель в районе с. Верхний Баксан, проточное моренно-запрудное оз. Донгуз-Орункель (рисунок 1.8) в одноименном ущелье и оз. Башкара, расположенное в ущелье Адылсу. Большинство из ледниковых озер селеопасны. Так, прорыв озера Башкара в сентябре 2017 года привел к образованию катастрофического селя, в результате которого погибло 3 человека, были разрушены объекты рекреации и инфраструктуры, а также был сильно преобразован ландшафт ущелья Адылсу (Марченко и др., 2017; Черноморец и др., 2018). В предгорном районе озера немногочисленны, их образование связано с особенностями литологии и рельефа местности. В полосе куэст имеется множество карстовых озер (рисунок 1.8) (Кузнецов, 1928; Хатухов и др., 2020; Реутова и др., 2020б; Разумовский, 2014в), часть которых представляет собой восходящие источники. Наиболее известна из них группа Голубых озер, в т. ч. и озеро Цериккель, которое является одним из наиболее глубоких озер России (Максимович и др., 2017).



Рисунок 1.8 – Моренно-запрудное озеро Донгуз-Орункель (слева) и карстовое озеро Малый Шадхурей (справа) (Фото Дреевой Ф.Р.)

1.2. Изученность микроэлементного состава природных вод КБР

1.2.1. История изучения природных вод Кабардино-Балкарии

Первые исследования состава природных вод на территории Центрального Кавказа были связаны с изучением минеральных источников. В 1874-1875 гг. впервые был изучен и описан горячий источник Джилы-Су Г. Абихом и Ф. Ф. Шмидтом. Чуть позже проводились повторные исследования состава воды Джилы-Су Н. А. Резцовым (в 1884 г.) и А. И. Фоминым (1891 г.). В начале 20-го века был изучен состав вод и других минеральных источников в бассейне р. Малка. В том числе выполнялись и ежегодные наблюдения такими учеными как А. П. Герасимов, Э. Карстенс, Н. Барабашкин и многие другие. В 1914-1918 годах А. Н. Огильви впервые исследовал пресные источники в районе Эльбруса: Думалинский, Кара-Су, Тхабзашхопс и Тегенекли-Кол. Только во второй половине 1920-х годов облисполкомом КБАО было организовано обследование верховьев р. Баксан с целью выяснения возможности создания здесь курорта. Благодаря этому с 1928 по 1937 год было проведено множество экспедиций Государственного центрального бальнеологического института на Кавминводах во главе с профессором А.Н. Огильви по изучению минеральных источников в бассейне р. Адылсу для использования их в бальнеологических целях (Балкаров, Туаев, 1960).

Регулярные наблюдения на реках на территории Центрального Кавказа были организованы в 1902 году и включали в себя два поста на р. Терек в станице Котляревской и на реке Малке в станице Прохладной. В программу наблюдений входил только замер уровня воды. В 40-х годах впервые стали проводиться регулярные наблюдения за химическим составом рек бассейна Терека (Панов и др., 2015). Использовались ныне устаревшие методы, не позволяющие достаточно точно определить низкие концентрации различных соединений, а следовые концентрации микроэлементов и вовсе было невозможно определить (Гидрохимический бюллетень..., 1967).

Кроме того, проводились экспедиционные обследования отдельных водных объектов. Так в 1925 году был впервые изучен ионный состав воды озера Цериккель в рамках исследования озера Кузнецовым И.Н., а анализы проводились «химиком Кавказских минеральных вод Э.Э. Карстенсом» (Кузнецов, 1928).

1.2.2. Современные исследования микроэлементного состава рек Кабардино-Балкарии

Изучение состава поверхностных вод Кабардино-Балкарской Республики на современном этапе проводится как в рамках системы государственного мониторинга состояния водных объектов, так и при проведении тематических научных исследований (Дреева, 2017; Дреева и др., 2021).

В настоящее время Кабардино-Балкарский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (КБ ЦГМС) в рамках программы государственного мониторинга на территории республики имеет 11 стационарных постов наблюдения, расположенных на р. Терек и в зоне влияния городов Майский, Прохладный и Тырныауз (Приказ Департамента..., 2017).

Регулярные наблюдения за содержанием в водных объектах горной зоны Кабардино-Балкарской Республики различных примесей, в т. ч. и микроэлементов, начали проводиться в начале 2000-х годов после образования ФГБУ «Центр изучения, использования и охраны водных ресурсов Кабардино-Балкарской Республики» («Каббалкводресурсы»). ФГБУ «Каббалкводресурсы» имело наиболее разветвленную сеть постов наблюдения, которая, однако, постоянно сокращалась (2010 г. – 56 створов; 2011 г. – 26 створов; с 2012 г. – 23 створа) (Доклад..., 2011 - Доклад..., 2018). Отбор проб производили 3-6 раз в год, в лаборатории определяли широкий спектр гидрохимических и гидробиологических показателей (кислородный режим, БПК, ХПК, ионный состав, нефтепродукты, АПАВ, тяжелые металлы). Большинство створов наблюдения находились на реках в предгорье и на равнине в зоне активного антропогенного воздействия (рисунок 1.9). При этом, несмотря на постоянно возрастающую антропогенную нагрузку в

зоне высокогорья, пунктов наблюдения за состоянием водных ресурсов на этой территории практически не было, за исключением пункта на р. Баксан в пос. Терскол. Однако в связи с реорганизацией ФГБУ «Каббалкводресурсы» в 2019 году регулярные наблюдения на реках Кабардино-Балкарии фактически приостановили. С 2021 года филиал ФГБУ «Центрводресурсы» РСО-Алания возобновил регулярные наблюдения за состоянием водных объектов Кабардино-Балкарской Республики в рамках выполнения работы «Представление необходимых сведений для ведения Государственного водного реестра в отношении водных объектов в зоне деятельности Учреждения», но исследования проводят всего на 12 постах, расположенных в равнинной зоне (Доклад..., 2022).

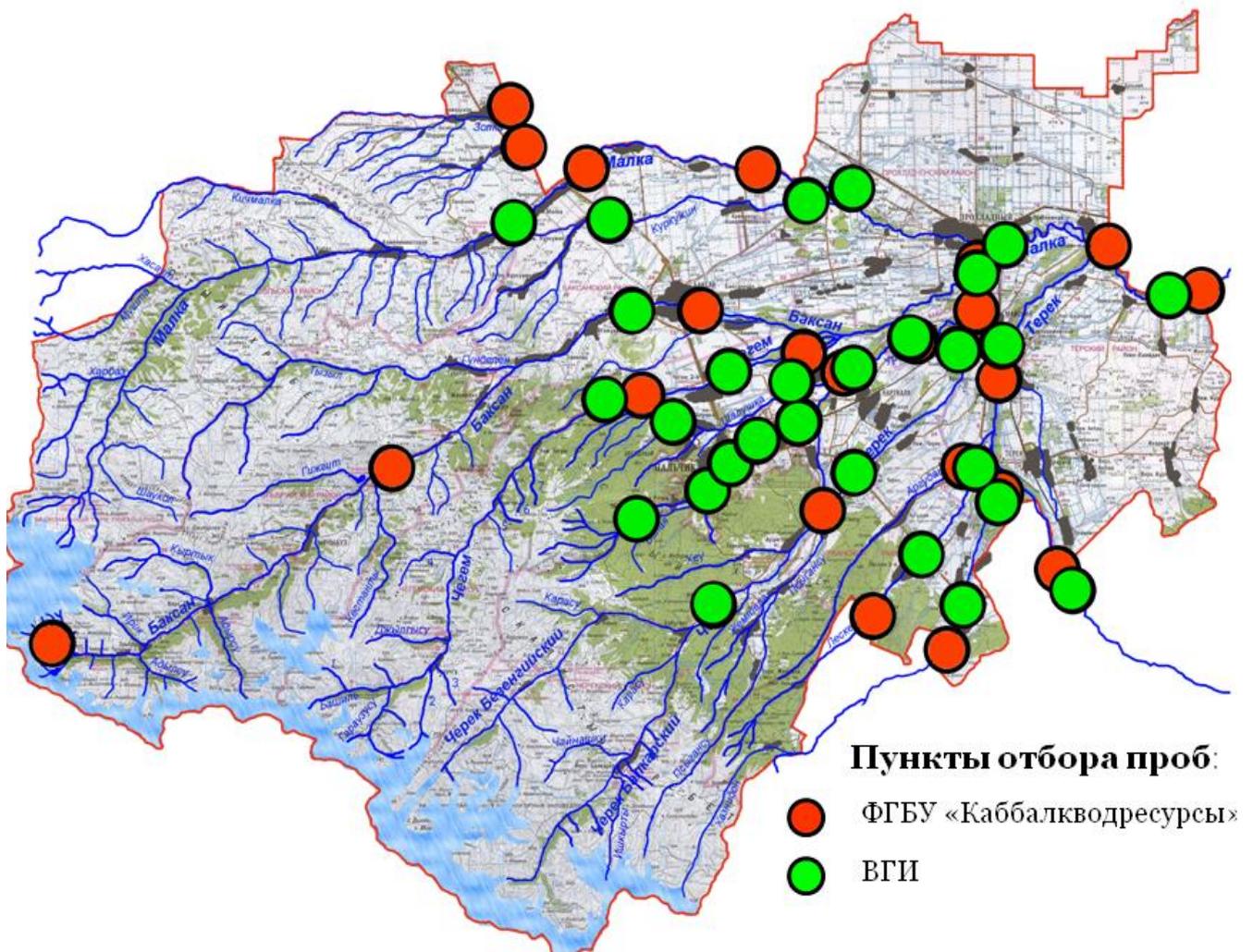


Рисунок 1.9 - Сеть пунктов отбора проб на реках Кабардино-Балкарской Республики

Изучение состава природных вод Центрального Кавказа, в том числе и микроэлементного, в рамках различных научно-исследовательских работ проводятся в Высокогорном геофизическом институте (ВГИ) с 2002 г. (Реутова и др., 2015а; Алита и др., 2021). В ВГИ пункты наблюдения расположены также в низкогорной и равнинной части Кабардино-Балкарской Республики (рисунок 1.9).

Изучением химического состава главных рек и их притоков в высокогорной части изучаемой территории также занимается Кабардино-Балкарский государственный заповедник. В водных объектах заповедника регулярно определяются следующие гидрохимические показатели: общая жёсткость вод и их минерализация, величина рН, гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды, кальций, нитраты, нитриты, аммоний (Кучменова и др., 2018). Однако отсутствие собственной приборной базы не позволяет им проводить исследования микроэлементного состава в достаточной мере (Жинжакова и др., 2017; Газаев и др., 2017).

Работы, посвященные изучению содержания тяжелых металлов в поверхностных водах Кабардино-Балкарской Республики выполнялись рядом авторов (Хаустов, Дубяга, 2012; Разумовский, 2014а; Гурбанов и др., 2017; Керимов, Рототаева, 2018; Ермаков и др., 2020; Винокуров и др., 2016; Атабиева и др., 2021; Шилькрот и др., 2021). Большая часть этих исследований была связана с изучением влияния Тырнаузского вольфрамо-молибденового комбината на окружающую среду или с изучением отдельных водных объектов в горной зоне Кабардино-Балкарии. При этом, пробы для этих исследований отбирались в разные фазы гидрологического режима, а определения концентраций выполнялись разными методами, что затрудняет сопоставление приведенных в публикациях результатов.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Пробы отбирались с 2013 по 2019 гг. в реках, озерах, а также в местах выходов подземных вод в период максимального таяния ледников и выпадения осадков, когда происходит активное выщелачивание микроэлементов с площади водосбора. Верхние пункты отбора проб находились максимально близко к истокам исследуемых рек, нижние — в устье, а для главных рек территории исследования в зоне выхода на предгорную равнину, где они разбиваются на отдельные рукава и протоки. Перепад абсолютных высот в пунктах наблюдения на реках Малка, Баксан, Чегем и Черек составляет от 1209 до 1871 м (рисунок 2.1). Номера створов, отображенные на картах (рисунки 2.2 – 2.5), соответствуют жестко установленным номерам пунктов отбора проб, полный список которых с указанием их географических координат представлен в таблицах А.1 – А.4 в приложении А.

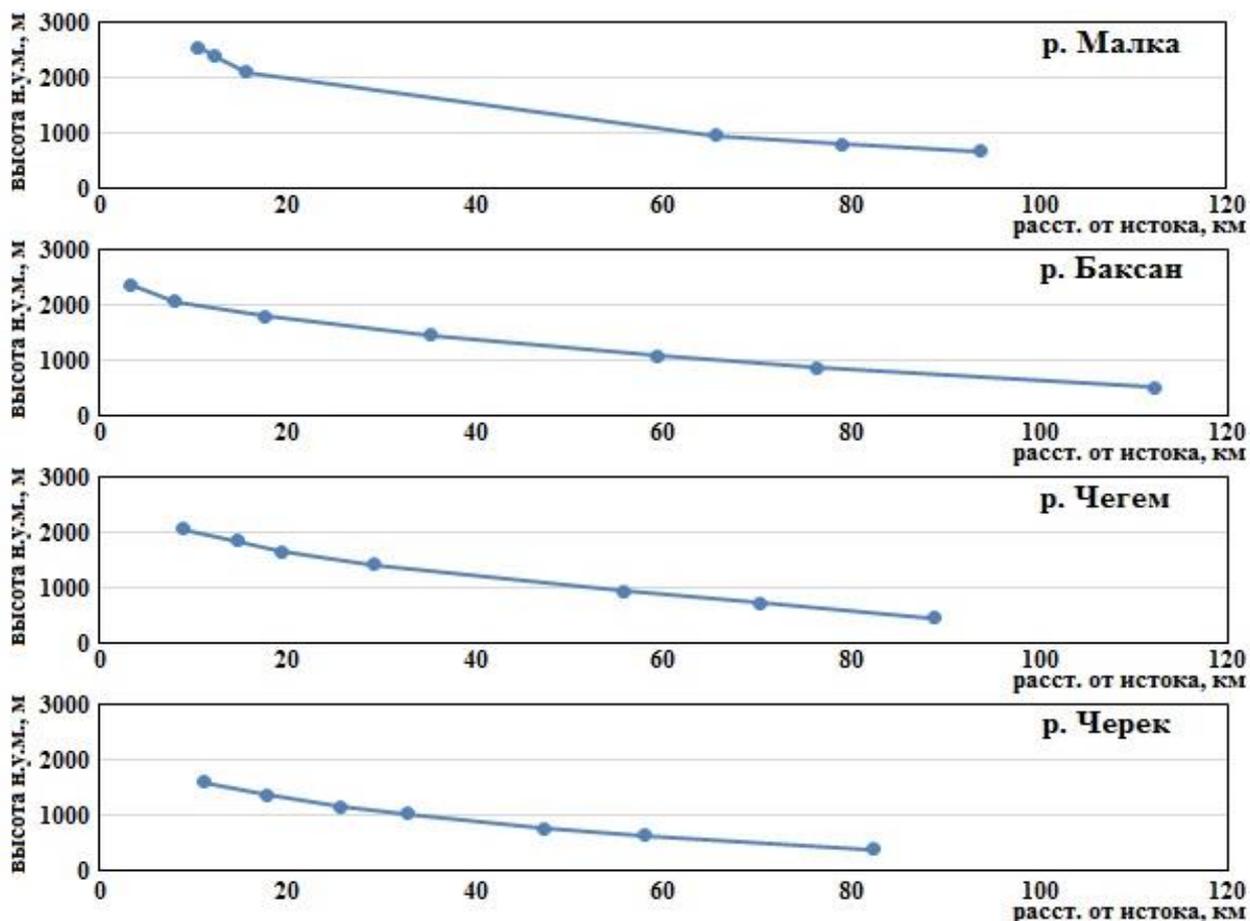


Рисунок 2.1 – Вертикальный профиль русел главных рек Кабардино-Балкарской Республики (абсолютная высота пунктов отбора проб)



Рисунок 2.2 - Карта-схема пунктов отбора проб в бассейне р. Малка

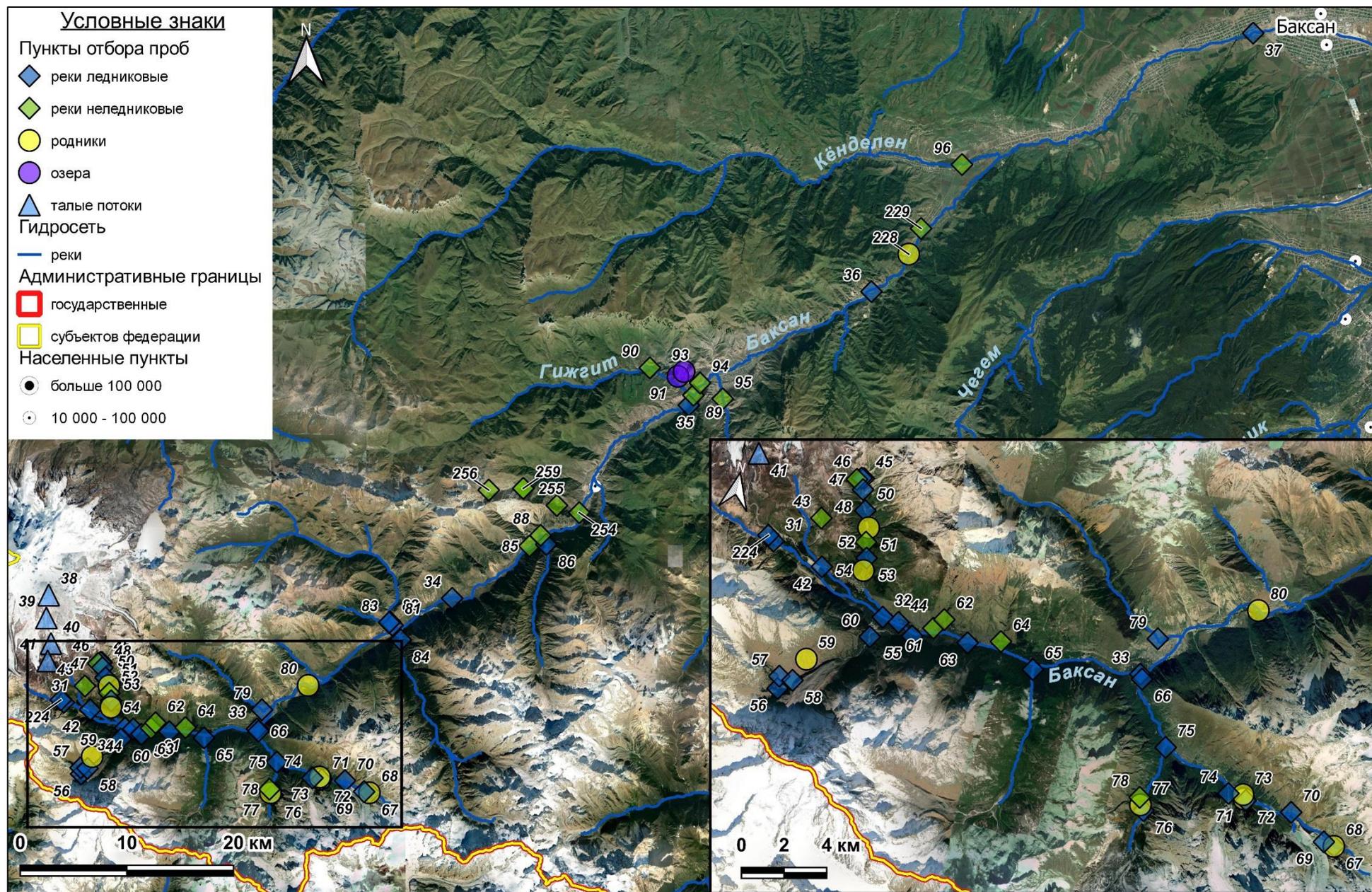


Рисунок 2.3 - Карта-схема пунктов отбора проб в бассейне р. Баксан

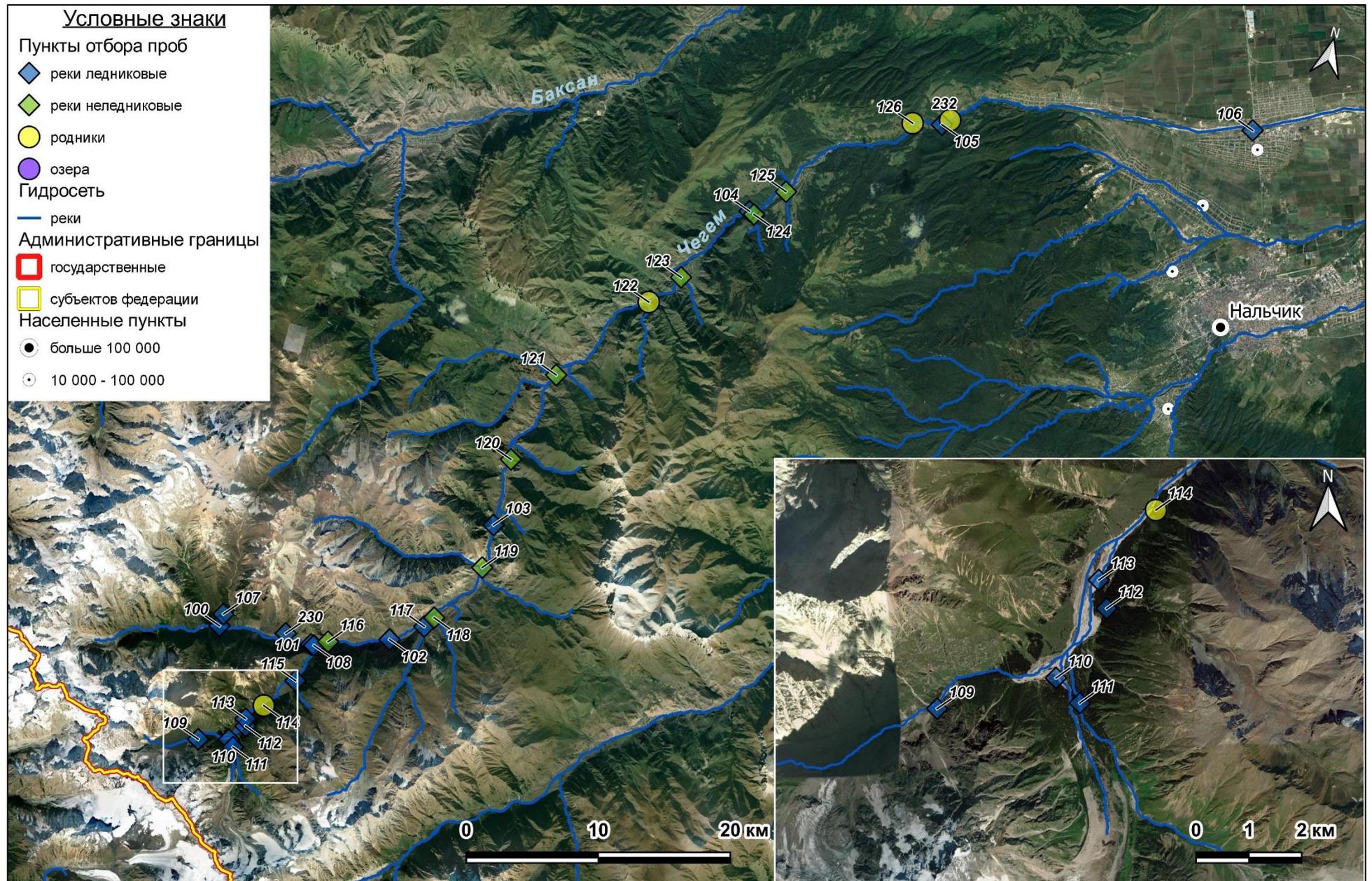


Рисунок 2.4 - Карта-схема пунктов отбора проб в бассейне р. Чегем

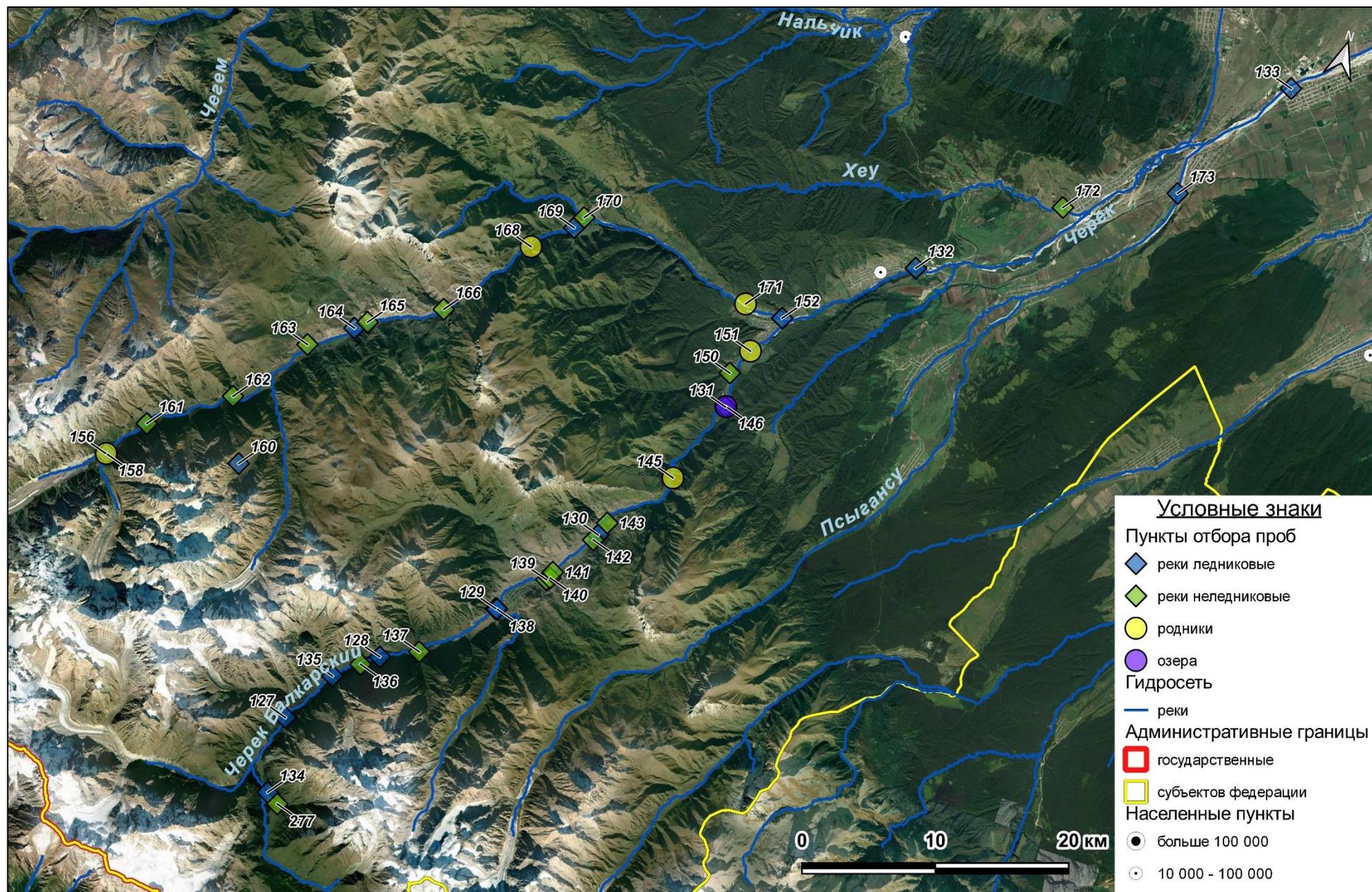


Рисунок 2.5 - Карта-схема пунктов отбора проб в бассейне р. Черек

Пробы отбирались в соответствии с ГОСТ 17.1.5.05-85 в предварительно ополоснутые отбираемой водой пластиковые бутылки объемом 250-500 мл. Для определения растворенных форм элементов пробы как можно быстрее после отбора фильтровались через подготовленные обеззоленные фильтры «синяя лента» и консервировались концентрированной азотной кислотой квалификации ос.ч. из расчета 3 мл кислоты на 1 л пробы.

В пробах выполнялось измерение содержания растворимых форм 10 микроэлементов (Ag, Cd, Pb, Zn, Mn, Cu, Ni, Cr, Mo и Al) методом атомно-абсорбционной спектрометрии с электротермической атомизацией на приборе МГА-915 в соответствии с утвержденной методикой (Количественный химический анализ..., 2013). Каждую аналитическую пробу вводили в графитовую кювету спектрометра и проводили измерение не менее 3 раз, регистрируя значение массовой концентрации определяемого элемента. После этого, используя программное обеспечение к спектрометру, рассчитывали среднеарифметическое значение массовой концентрации элемента и соответствующее относительное среднее квадратическое (стандартное) отклонение, которое не должно превышать 6%. Всего было отобрано более 700 проб воды в 170 створах (175 с учетом объектов ТВМК и минеральных скважин) и выполнено более 20000 измерений.

Проведена статистическая обработка полученных результатов с использованием программ Excel и QGIS 3.16. На основе вычисленных средних за период наблюдений концентраций микроэлементов в каждом пункте наблюдения были построены таблицы с минимальными/средними/максимальными уровнями содержания определяемых микроэлементов в исследуемых главных реках и их бассейнах в целом, а также графики распределения микроэлементов в главных реках региона и их ледниковых и неледниковых притоках первого порядка. Подробные статистические характеристики рядов средних концентраций микроэлементов в водах региона исследования по отдельным бассейнам приведены в таблице Б.1 в приложении Б.

Кроме того, полученные данные использовались при комплексной оценке загрязненности вод реки Баксан и ее притоков рядом микроэлементов. Расчеты

выполнялись на основе РД 52.24.643-2002 «Методика комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям» (РД 52.24.643-2002..., 2002), разработанного в Гидрохимическом институте с использованием свободного перечня загрязнителей, который позволяет использовать любой набор ингредиентов для сравнения степени загрязненности отдельных рек и створов наблюдений, определения качества воды водных объектов по определенному набору показателей и выделение приоритетных загрязняющих веществ.

Для построения карт, отображающих распределение микроэлементов в речных водах горной части Кабардино-Балкарской Республики, была использована геоинформационная система Golden Software Surfer. Она позволяет строить различные типы карт при помощи заложенных в неё алгоритмов интерполяции, которые позволяют создавать цифровые модели поверхности по неравномерно распределённым в пространстве данным (Силкин, 2008). Для успешной работы в программе Golden Software Surfer 8 была собрана первичная база данных по содержанию различных примесей в исследуемых водах. Для этого была использована программа Excel, в которой были собраны сведения о пунктах отбора проб и характеристики водных объектов – местоположение, количество и даты отборов проб, происхождение и типы питания водных объектов, данные о содержании микропримесей и др.

Основой при создании базового слоя – карты гидрографической сети — послужила карта Кабардино-Балкарии. Также была проведена оцифровка карты-основы с помощью встроенного инструмента «Digitize» – перенос пунктов отбора с привязкой их к постоянным координатам – номеру пикселя от левого нижнего угла. Именно к этим координатам привязывались данные о содержании примесей в пунктах отбора проб при построении карт. Все эти координаты с привязкой к идентификационному номеру пункта отбора пробы, были сохранены в виде отдельного рабочего листа, который будет являться основой при реализации возникающих в дальнейшем задач.

ГЛАВА 3. ИСТОЧНИКИ ПРИРОДНОГО И АНТРОПОГЕННОГО ПОСТУПЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ГОРНЫЕ РЕКИ КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ

Источники поступления микроэлементов в речные воды делятся на природные и антропогенные. И хотя, как правило, при обсуждении вопросов загрязнения природной среды рассматривают техногенные источники, огромное количество загрязняющих веществ во все компоненты природной среды, в том числе, в поверхностные воды, поступает от природных источников (Грязнов, 2014). Для исследуемых рек основными путями поступления микроэлементов являются приток подземных вод, дренаж горных пород, а также загрязнение от антропогенных объектов. Для выявления главных источников поступления отдельных микроэлементов и определение степени их влияния на загрязненность речных вод, каждому из них была дана геохимическая характеристика.

3.1. Дренируемые породы

Общеизвестно, что начальным звеном геохимической миграции и основным источником микроэлементов в природных водах являются горные породы, которые слагают территорию бассейна водосбора. Это может быть, как поверхностное выщелачивание почв и грунтов, так и дренаж глубоко залегающих пород подземными водами или просочившимися атмосферными осадками. Для территории нашего исследования характерно многообразие подстилающих горных пород в сочетании с высокой степенью их мозаичности (ГИС-пакеты..., 2022). При этом, из-за сильной расчлененности рельефа, больших углов наклона и наличия горных пород, которые легко подвергаются разрушению (разнообразные сланцы, осадочные карбонатные и обломочные породы), что в сочетании способствует возникновению активных склоновых экзогенных процессов, постоянно образуются свежееобнаженные поверхности слагающих горных пород, которые начинают подвергаться выветриванию. В сочетании с агрессивными природными водами (слабокислые воды с близкими к нейтральным значениям pH и невысокой

минерализацией) создаются идеальные условия для активного выщелачивания металлов из дренируемых пород, слагающих бассейны водосборов исследуемых рек. И, напротив, наличие в среднегорной и низкогорной зонах горных хребтов, сложенных карбонатными осадочными породами, вызывает рост минерализации (в частности, увеличивается содержание гидрокарбонатов) (Реутова и др., 2018а) и возникновение геохимического барьера (Перельман, 1982), что способствует уменьшению содержания микроэлементов в природных водах в этой зоне.

Согласно имеющимся данным (Дьяченко, 2004), фоновые содержания большинства металлов в почвах Северного Кавказа, частью которого является Кабардино-Балкария, превышают кларки почв мира в 1,5-2 раза, а в почвообразующих породах средние концентрации совпадают с кларками литосферы или немного превышают их (таблица 3.1).

Таблица 3.1 - Сравнение среднего содержания химических элементов в почвах и почвообразующих горных породах Северного Кавказа с кларками почв мира и литосферы ($n \cdot 10^{-3} \%$) (Дьяченко, 2004).

Элемент	В почвах мира (по Виноградову, 1967)	В почвах Северного Кавказа	Кларк литосферы (по Виноградову, 1967)	В горных породах Северного Кавказа
Cu	2,0	5,1±0,1	4,7	3,7±0,1
Zn	5,0	10,6±0,1	8,3	6,9±0,2
Pb	1,0	3,5±0,04	1,3	2,6±0,1
Ag	0,0n	0,01±0,0001	0,007	0,0066±0,0002
Mo	0,2	0,31±0,01	0,11	0,25±0,01
W	-	0,22±0,003	0,13	0,18±0,004
Co	0,8	2,01±0,02	1,8	1,21±0,04
Ni	4,0	4,7±0,04	5,8	3,1±0,1
Mn	85,0	93,0±1,0	100	73±2,0
Ti	460,0	503,0±3,0	450	366±6
V	10,0	12,6±0,1	9	8,8±0,2
Cr	20,0	10,9±0,1	8,3	8,8±0,3

Однако, каждый тип пород характеризуется разным содержанием одного и того же элемента. При сравнении данных о среднем составе, наиболее распространенных в районе исследования горных пород, можно заметить, что магматические породы, распространённые в высокогорье, характеризуются более высоким содержанием хрома, меди, цинка, молибдена, кадмия, а осадочные породы – марганца и алюминия (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Содержание химических элементов в наиболее распространенных в бассейнах водосборов горных пород (%) (Перельман, 1989)

	Магматические		Осадочные		
	Основные (базальты и др.) (по Виноградову, 1962)	Кислые (граниты, гранодиориты и др. (по Виноградову, 1962)	Глины и сланцы (по Виноградову, 1967)	Песчаники (по Беусу, 1976)	Карбонатные (по Беусу, 1976)
Al	8,76	7,7	10,45	2,9	0,96
Cr	2×10^{-2}	$2,5 \times 10^{-3}$	1×10^{-2}	$0,35 \times 10^{-2}$	$0,11 \times 10^{-2}$
Mn	2×10^{-1}	6×10^{-2}	$6,7 \times 10^{-2}$	0,04	0,04
Ni	$4,5 \times 10^{-3}$	8×10^{-4}	$9,5 \times 10^{-3}$	$0,2 \times 10^{-3}$	$0,2 \times 10^{-3}$
Cu	1×10^{-2}	2×10^{-3}	$5,3 \times 10^{-3}$	$0,1 \times 10^{-3}$	$0,4 \times 10^{-3}$
Zn	$1,3 \times 10^{-2}$	6×10^{-3}	8×10^{-3}	$1,6 \times 10^{-3}$	2×10^{-3}
Mo	$1,4 \times 10^{-4}$	1×10^{-4}	2×10^{-4}	$0,2 \times 10^{-4}$	$0,4 \times 10^{-4}$
Ag	1×10^{-5}	5×10^{-6}	1×10^{-5}	$n \times 10^{-5}$	$n \times 10^{-5}$
Cd	$1,9 \times 10^{-5}$	1×10^{-5}	3×10^{-6}	$n \times 10^{-6}$	$0,4 \times 10^{-5}$
Pb	8×10^{-4}	2×10^{-3}	2×10^{-3}	$0,7 \times 10^{-3}$	$0,9 \times 10^{-3}$

Высокое содержание микроэлементов в дренируемой породе, как известно, не гарантирует такое же высокое его содержание в реках. Поступление микроэлементов в реки подчинено не только влиянию источников, но и напрямую зависит от интенсивности водной миграции, связанной с внутренними и внешними геохимическими факторами. Так, например, алюминий, являющийся наиболее распространенным в земной коре среди металлов элементом, обычно слабо мигрирует и в природных водах содержится в малых количествах. Несмотря на то,

что наибольшие его концентрации характерны для глин и сланцев, распространённых в средне- и низкогорье Кабардино-Балкарии, он легко выщелачивается только из эффузивных пород и наиболее активно мигрирует в зоне окисления сульфидов (Перельман, 1990), что приводит к увеличению его содержания в речных водах региона исследования. Молибден, напротив, способен активно мигрировать в околонейтальных и щелочных природных водах (Чукаева, 2018) и его распространение в большей мере связано с высоким содержанием в дренируемых кислых магматических породах и осадочных породах (угли, углистые глины, сланцы) (Перельман, 1990).

Помимо общего фона содержания микроэлементов в горных породах, выделяются отдельные положительные геохимические аномалии в распределении того или иного элемента, как например, геохимическая аномалия свинца в альпийских ландшафтах бассейна р. Малка (Матишов, Парада, 2018). При минерагеническом районировании эти аномалии образуют отдельные зоны, районы и узлы, связанные с проявлениями металлических полезных ископаемых (рисунок 3.1). Горные районы Кабардино-Балкарии входят в Крымско-Кавказскую минерагеническую провинцию, которая характеризуется общим распространением в высокогорной зоне свинца и цинка. На территориях водосборов главных рек располагаются отдельные минерагенические узлы, специализирующиеся на том или ином металле. Так, в зоне формирования р. Малка, на ее первых километрах выделяется зона с повышенным содержанием меди и цинка. В районе города Тырнауз выделяется минерагенический узел, связанный с ранее разрабатываемым вольфрамо-молибденовым месторождением, а р. Черек и его равнозначный приток р. Черек Безенгийский пересекают территорию, где распространены благородные металлы. На первых километрах р. Черек также выделяется зона, связанная с молибденом и медью.

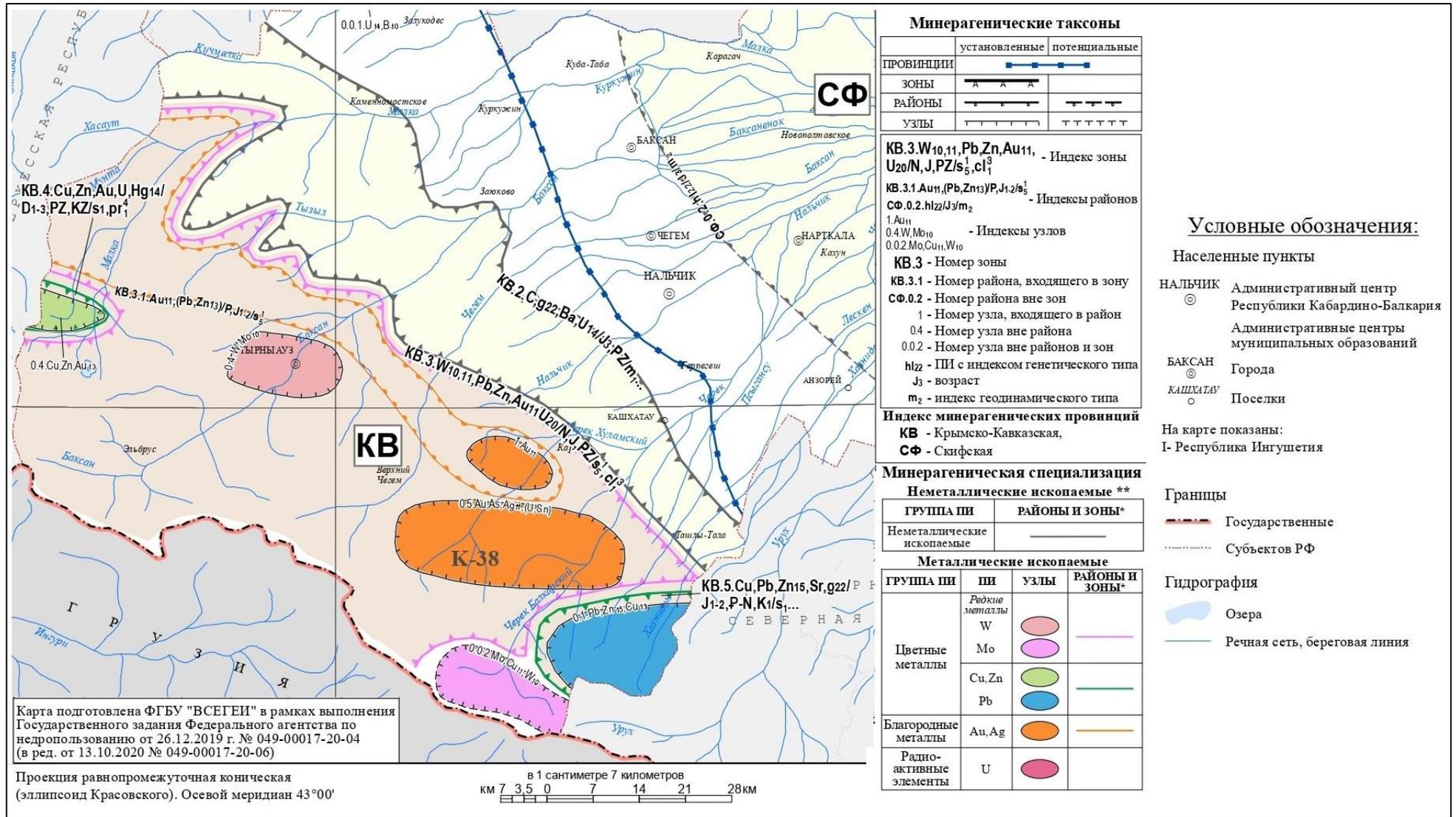


Рисунок 3.1 - Карта минерагенического районирования Кабардино-Балкарии (ГИС- пакеты..., 2022)

Таким образом, микроэлементный состав горных рек Кабардино-Балкарии в значительной мере определяется влиянием дренируемых горных пород, отличающихся высокой степенью мозаичности. При этом высокие концентрации того или иного элемента в исследуемых реках вызваны не только высоким содержанием в дренируемых горных породах или отдельными геохимическими аномалиями, связанными с месторождениями полезных ископаемых или рудопроявлениями, но и с внешними и внутренними факторами водной миграции.

3.2. Источники пресных и минеральных подземных вод

На всей исследуемой территории находится множество выходов подземных вод различных по составу и уровню минерализации, а также по расходу воды, которые оказывают сильное влияние на состав вод рек, в которые они впадают (Реутова и др., 2017б). Большинство родников, расположенных в горной зоне Кабардино-Балкарии, является выходами подземных вод карстовых структур и трещиноватых скальных массивов, изверженных и интрузивных пород. Как правило, они слабо изучены и расположены в труднодоступных для строительного освоения местах. При этом, в некоторых высокогорных районах республики группы родников, которые используются для хозяйственно – питьевого водоснабжения, обеспечивают водой до 85% населения (Доклад..., 2021).

Для выявления точечных источников поступления микроэлементов в воды исследуемых рек нами были обследованы выходы пресных и минеральных подземных вод, в том числе и наиболее популярные среди туристов и местного населения в качестве питьевых (рисунок 3.2). Номера пунктов на карте соотносятся с номерами источников в таблице с данными о содержании микроэлементов в их водах (таблица 3.3).

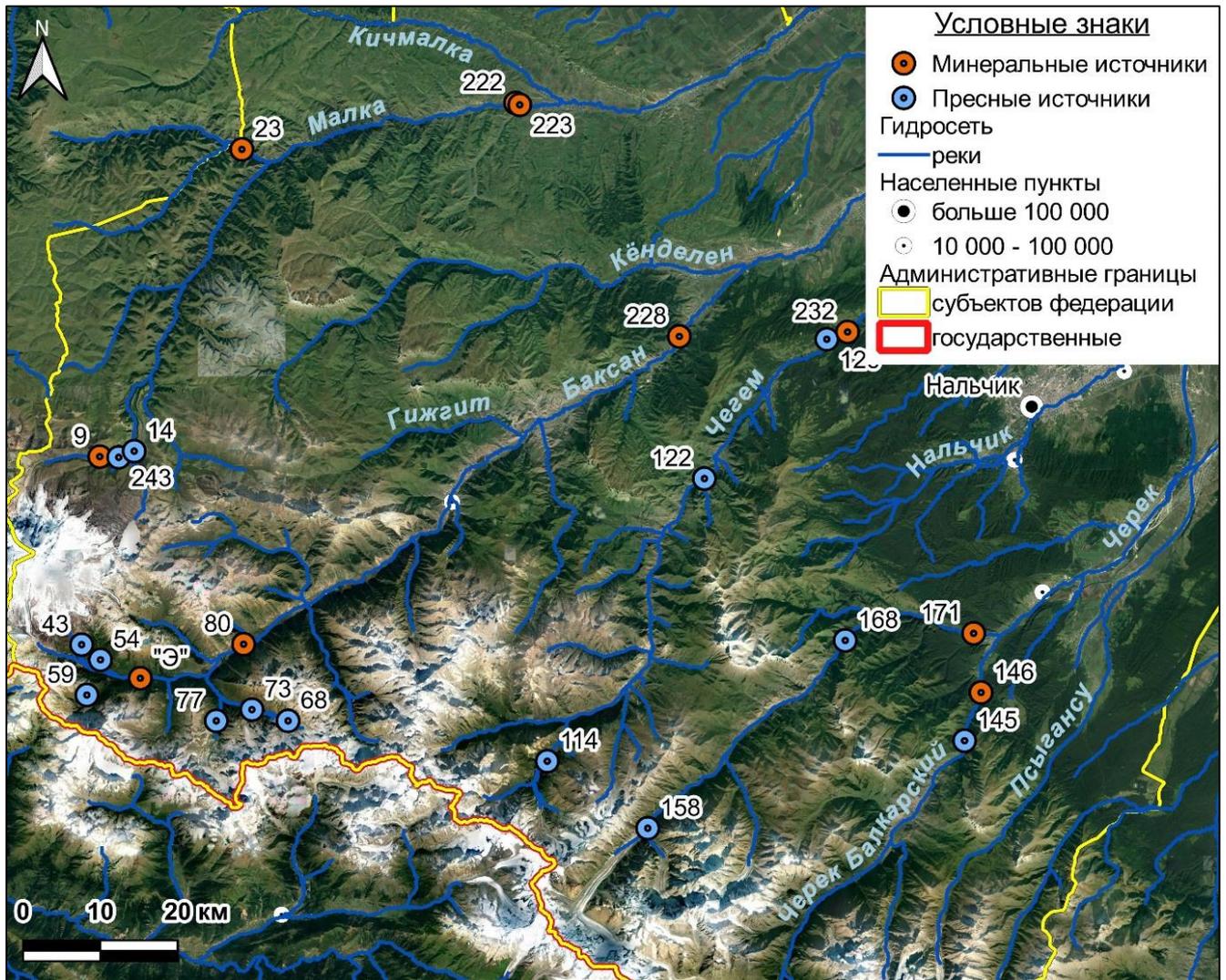


Рисунок 3.2 – Карта-схема расположения обследованных источников пресных и минеральных подземных вод

В бассейне р. Малка был изучен состав родников Каракая (№14) и Джилы-су (№243), причем последний используется в качестве источника питьевого водоснабжения для лечебно-оздоровительной местности «Джилы-су». В числе минеральных источников были обследованы: слабоминерализованный углекислый источник без примеси железа «Белый нарзан» (№9) на поляне Эммануэля; нарзан в Долине Нарзанов на правом берегу р. Хасаут (№23); два сероводородных источника на правом берегу р. Малка выше с. Каменноостское – Псынашхибль (№222) и Тхабзашхобс (№223) (рисунок 3.3). Если упомянутые углекислые источники используют только для внутреннего употребления, то сероводородные источники активно эксплуатируются местными жителями и туристами как

природные лечебные ванны. Источник Псынашхибль разгружается непосредственно в русло р. Малка несколькими грифонами, а источник Тхабзашхобс расположен немного ниже по течению на первой надпойменной террасе в 1-2 метрах от русла р. Малка и представляет собой лимнокрен, чаша которого покрыта белым налетом.



Рисунок 3.3 – Источники Псынашхибль (№222) (слева) и Тхабзашхобс (№223) (справа) (Фото Дреевой Ф. Р.)

В бассейне р. Баксан в числе обследованных водных объектов – водопад Девичьи Косы (№43) (рисунок 3.4), образованный мощным выходом глубинных вод и расположенный на южном склоне г. Эльбрус, который является притоком второго порядка р. Баксан. Кроме того, в высокогорной части бассейна располагается еще ряд родников, в том числе: родник с массива Терскол (№54), используемый для водоснабжения скотного двора; родниковый ручей на юго-восточном склоне горы Чегет (№59) по пути к оз. Донгуз-Орункель; родники в бассейне р. Адылсу – на «Зеленой гостинице» (№68) (верховье р. Адылсу), у лагеря «Джантуган» (№73) и в долине р. Шхельда (№77) у заброшенной заставы. Также было определено содержание микроэлементов в углекислых минеральных водах (железистый нарзан «Эльбрус» из скважины на Поляне Нарзанов (рисунок 3.4) и слабоминерализованный источник «Нейтрино» (№80)) и сероводородном источнике «Жанхотеко», выходы которых расположены в бассейне р. Баксан.



Рисунок 3.4 – Водопад Девичьи косы (№43) (слева) и нарзан «Эльбрус» («Э») (справа) (Фото Дреевой Ф. Р.)

В Чегемском ущелье определяли микроэлементный состав вод нескольких пресных питьевых родников: Жирык-кел в долине р. Гара-Аузусу (рисунок 3.5), «Серебряного» в районе Чегемских водопадов и родника Ахматова выше с. Лечинкай. Кроме того, был опробован теплый (ок. +35 °С) источник Тахур, расположенный выше с. Лечинкай на левом берегу р. Чегем. Источник используется как для промышленного розлива, так и в качестве объекта рекреации. Согласно экспертному заключению, размещенному на информационном стенде, теплый источник представляет собой самоизливающуюся артезианскую скважину, пробуренную в 1966 году, воды которой характеризуются как «...пресные гидрокарбонатные натриевые...», а «...микроэлементы ... в образцах воды не обнаружены или их содержание ниже ПДК для питьевых минеральных вод» (Экспертное заключение..., 2015).

В бассейне р. Черек также были обследованы родники, расположенные на водосборной площади его двух истоков – рек Черек Балкарский и Черек Безенгийский. Среди них пресный родник в высокогорье, воды которого используют для водоснабжения альплагеря Безенги (№158) и родники, образующие водопады в осевой зоне Скалистого хребта – Тыжынты (№168) (рисунок 3.6) и Каябашису (№145), как и большинство родников в этой зоне (в том числе, знаменитые Чегемские водопады и упомянутый выше родник «Серебряный»

в бассейне р. Чегем), представляющее собой наземные источники карстовых вод (Максимович, 1963). Кроме того, был обследован сероводородный источник Ислису (№171) (рисунок 3.6) в устьевой зоне р. Черек Безенгийский и сток Нижнего Голубого озера (Цериккель) (№146) – карстового источника восходящего типа с высоким содержанием сероводорода.



Рисунок 3.5 – Родник Жирык-кел (№114) (слева) и теплый источник Тахур (№232) (справа) (Фото Дреевой Ф. Р.)



Рисунок 3.6 – Родник Тыжынты (№168) (слева) и источник Ислису (№171) (справа) (Фото Дреевой Ф. Р.)

При сравнении полученных данных о микроэлементном составе вод обследованных источников со средним содержанием микрокомпонентов в

подземных водах (Шварцев С.Л., 1998) (таблица 3.3) было выяснено, что большинство из них оказались сильно обеднены микроэлементами. На общем фоне можно выделить отдельные родники или группы родников, которые вносят существенный вклад в распространение того или иного микроэлемента в горных реках.

Привлекает внимание более высокое содержание молибдена в ряде родников с пресными водами в высокогорье. Это родник на южном склоне г. Эльбрус, образующий водопад Девичьи косы (более 4 мкг/л), родники в бассейне р. Адылсу (1,3-1,7 мкг/л) и родник в районе альплагеря «Безенги» (более 2,8 мкг/л). В то же время, приблизительно такие же концентрации молибдена отмечаются в пресных водах родников, расположенных в районе осевой линии Скалистого хребта (1,8-3,5 мкг/л). Обогащены молибденом воды ряда сероводородных источников карстового генезиса у северного подножия Скалистого хребта (Реутова и др., 2020б). Значения кларков концентраций молибдена для этих вод находятся в диапазоне от 1,05 для источника Ислису в бассейне р. Черек до 12,94 для источника Жанхотеко в бассейне р. Баксан, в результате чего Мо выделяется в качестве индикаторного элемента для этих вод. Следует заметить, что эти воды приурочены к зонам распространения минералов и горных пород, обогащенных молибденом (Макрыгина, 2011; Беус и др., 1976). В высокогорной зоне распространены граниты, а в районе Скалистого хребта широко распространены угли, глины и сланцы.

Заметно, что наиболее высоким содержанием марганца отличаются углекислые минеральные воды (от 28,7 мкг/л в слабоминерализованном нарзане у пос. Нейтрино до 2168,6 мкг/л в нарзане «Эльбрус» против 0,9-8,8 мкг/л). При этом, в железистых минеральных водах он сопровождается экстремально высоким содержанием меди и цинка, и повышенным относительно прочих подземных вод – никеля и хрома. Значения кларков концентраций этих элементов превышают 2 по сравнению со средним составом подземных вод и зависят от общей минерализации.

Таблица 3.3 - Содержание микропримесей в родниковых водах Кабардино-Балкарской Республики (мкг/л)*.

№ ПО	Родник	Al	Mo	Cu	Pb	Mn	Ni	Cr	Zn	Cd	Ag
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Бассейн р. Малка</i>											
9	Белый Нарзан (Поляна Эммануэля)	48,73	0,13	3,11	0,60	230,47 (6,72)	5,52 (1,77)	1,21	54,57 (1,80)	0,061	0,11
243	Родник Джилы-су (питьевой)	203,89 (1,07)	0,73	2,95	0,7	8,8	0,58	0,62	21,76	0,004	0,08
14	Родник Каракая	48,85	0,15	1,49	0,55	7,91	1,55	0,81	14,25	0,045	0,24 (1,09)
23	Нарзан (Долина Нарзанов)	Не опр.	0	135,55 (33,89)	0,26	1713,56 (49,96)	13,78 (4,43)	6,90 (2,48)	472,77 (15,6 0)	Не опр.	Не опр.
222	Ист. Псынашхиль	64,93	2,34 (2,02)	2,55	0,24	3,2	0,89	0,97	62,73 (2,07)	0,004	0,09
223	Ист. Тхабзашхобс	45,73	1,83 (1,58)	2,12	0,12	6,48	0,44	0,9	18,11	0,001	0,18
<i>Бассейн р. Баксан</i>											
43	Вдп. Девичьи Косы	78,98	4,06 (3,50)	2,15	0,86	1,19	2,23	0,56	12,51	0,03	0,23 (1,05)
54	Родник массива Терскол	57,03	0,27	2,93	0,59	1,59	0,60	0,62	42,62 (1,41)	0,02	0,12
59	Родник на южном склоне г.Чегет	77,08	0,16	4,11 (1,03)	0,69	3,00	0,80	1,11	37,29 (1,23)	0,02	0,22
68	Родник «Зеленая гостиница»	309,16 (1,63)	0,46	4,27 (1,07)	0,66	4,10	0,49	0,93	19,92	0,03	0,30 (1,36)
73	Родник «Джантуган»	75,41	1,66 (1,43)	2,32	0,96	2,33	1,63	3,58 (1,29)	32,75 (1,08)	0,06	0,15
77	Родник на заставе «Шхельда»	80,66	1,34 (1,16)	4,51 (1,13)	0,58	2,10	1,24	0,74	29,83	0,03	0,11
«Э»	Нарзан «Эльбрус» (Поляна Нарзанов)	Не опр.	3,86 (3,33)	103,45 (25,86)	0	2168,57 (63,22)	61,85 (19,89)	40,52 (14,58)	341,81 (11,28)	Не опр.	Не опр.
80	Источник «Нейтрино»	125,38	0,23	3,92	0,35	28,73	3,61 (1,16)	0,66	38,38 (1,27)	0,03	0,30 (1,36)
228	Источник «Жанхотеко»	131,53	13,85 (11,94)	6,41 (1,60)	0,28	3,10	0,88	0,7	0	0	0,08

Продолжение таблицы 3.3

№ ПО	Родник	Al	Mo	Cu	Pb	Mn	Ni	Cr	Zn	Cd	Ag
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Бассейн р. Чегем</i>											
114	Родник Жирык-кел	39,61	0,38	0,88	0,68	0,93	0,63	0,27	4,10	0,02	0,05
122	Серебряный родник (Чегемские вдп.)	42,82	3,54 (3,05)	2,78	3,75 (1,72)	3,48	0,72	0,30	16,93	0,04	0,02
126	Родник Ахматова	53,29	0,92	2,69	0,72	2,26	0,55	1,73	17,06	0,05	0,25 (1,14)
232	Источник Тахур	82,84	0	1,54	0,22	2,68	0	0,83	21,7	Не опр.	Не опр.
<i>Бассейн р. Черек</i>											
158	Родник «Безенги»	32,06	2,83 (2,44)	4,65 (1,16)	0,36	2,55	0,66	0,89	104,23 (3,44)	0,02	0,13
145	Вдп. Каябашису	62,29	4,34 (3,74)	3,44	0,73	3,73	0,89	0,38	13,02	0,02	0,09
168	Родник Тыжынты	73,65	1,83 (1,58)	2,93	0,41	1,44	1,17	0,92	15,14	0,02	0,12
146	Оз. Цериккель	48,86	2,55 (2,20)	1,77	0,21	2,91	1,39	0,55	8,85	0,01	0,08
171	Ист. Ислису	44,54	1,22 (1,05)	2,98	0,36	7,81	0,93	0,93	40,48 (1,34)	0,016	0,12
	<i>Среднее содержание в подземных водах (по Шварцеву, 1998)</i>	<i>190</i>	<i>1,16</i>	<i>4,0</i>	<i>2,18</i>	<i>34,3</i>	<i>3,11</i>	<i>2,78</i>	<i>30,3</i>	<i>0,2</i>	<i>0,22</i>

*в скобках указаны кларки концентраций > 1,0

Это позволяет выделить марганец в сочетании с медью, хромом, никелем и цинком в качестве индикаторных элементов для минеральных железистых вод типа «нарзан». Слабоминерализованные минеральные источники без примесей железа характеризуются высоким содержанием марганца, цинка и никеля.

Отдельные пресные родники также выделялись повышенными относительно прочих концентрациями одного – двух элементов (меди, свинца, хрома, цинка и серебра), превышающие кларки подземных вод не более, чем в 2,3 раза (исключение – кларк концентрации цинка в роднике, расположенном в альплагере Безенги – 5,10), однако выявить однозначных закономерностей в их пространственном распределении и объяснить повышенные значения кларков концентрации пока не удалось из-за отсутствия данных о точном химическом составе вмещающих пород.

При анализе полученных данных было выяснено, что большинство источников подземных вод содержат значительно более низкие концентрации микроэлементов в сравнении с кларками подземных вод. Расчет кларков концентраций показал, что молибден в качестве индикаторного элемента может использоваться для пресных вод верховьев рек Баксан и Черек и осевой зоны Скалистого хребта, а марганец совместно с медью, хромом, никелем и цинком – для минеральных железистых вод типа «нарзан». В слабоминерализованных минеральных источниках без примесей железа помимо марганца и цинка в качестве индикаторного дополнительно может выступить никель. Значения кларков концентраций цинка > 1 в отдельных пресных источниках как уже упоминалось, вероятнее всего связаны с составом дренируемых пород.

3.3. Антропогенные источники поступления

Среди потенциальных антропогенных источников поступления микроэлементов в горные реки Кабардино-Балкарии можно выделить две группы объектов: очистные сооружения и объекты Тырнаузского вольфрамо-молибденового комбината (ТВМК). Рассмотрим более подробно каждую из них.

В Кабардино-Балкарской Республике имеется 18 очистных сооружений по очистке сточных вод общей проектной мощностью 238,8 тыс. м³/сут, из них 4 находятся в горных районах республики (таблица 3.4). Долгое время большинство очистных сооружений работало без проведения текущего ремонта, в частности, не восстанавливался участок канализационного коллектора, разрушенный в результате схода лавины в г. Тырнауз. Из-за неудовлетворительного состояния очистных сооружений все сбрасываемые сточные воды относятся к категории недостаточно очищенных (Доклад..., 2017).

Таблица 3.4 – Основные загрязнители в сточных водах очистных сооружений, расположенных в горной части Кабардино-Балкарии (Доклад..., 2017).

Водопользователь	Приемник сточных вод	Основные загрязнители
ООО «Ирик-Чат», п. Эльбрус	Р. Баксан	БПК полное, азот аммонийных солей, фосфаты, нефтепродукты, взвешенные вещества, сульфаты, сухой остаток, азот нитратов, азот нитритов, хлориды
Баксанская нейтринная обсерватория (БНО), п. Нейтрино	Р. Баксан	Взвешенные вещества, БПК полное, азот аммонийных солей, азот нитритов, азот нитратов, фосфаты, нефтепродукты, СПАВ, сульфаты, сухой остаток
ООО «Источник», г. Тырнауз	Р. Баксан	БПК полное, азот аммонийных солей, азот нитритов, фосфаты, сухой остаток, сульфаты, хлориды, нефтепродукты, взвешенные вещества, азот нитритов, азот нитратов
МУП «Черек сервис», п. Кашхатау	Р. Черек	БПК полное, азот аммонийных солей, азот нитритов, азот нитратов, фосфаты, нефтепродукты, взвешенные вещества, сульфаты, сухой остаток

При мониторинге качества сбрасываемых вод, определяются не только такие показатели загрязненности как БПК_{полн}, содержание различных неорганических форм азота, сульфатов, хлоридов, нефтепродуктов и др., но и содержание пяти металлов (Ni, Cr, Cu, Mo, Zn), особенности распределения которых мы пытаемся выявить в горных реках Кабардино-Балкарии. Несмотря на довольно низкое качество сбрасываемых вод, содержания микроэлементов в количествах,

превышающих допустимые нормы, не отмечались, что позволяет нам исключить их из списка источников антропогенного поступления микроэлементов, которые способны оказать заметное влияние на их распределение в горных реках Кабардино-Балкарской Республики.

В бассейне р. Баксан испытываемая антропогенная нагрузка связана не только с объектами рекреации и населенными пунктами, но и с крупным месторождением вольфрама и молибдена в районе г. Тырныауз. Исследования по оценке воздействия на различные компоненты окружающей среды как отдельных объектов ТВМК, так и всего предприятия в целом, проводятся регулярно, хотя в настоящее время комбинат не функционирует уже более 20 лет (с 2001 года) (Винокуров и др., 2018). Источниками возникновения водных потоков миграции загрязняющих веществ являются несколько объектов ТВМК (Хаустов, 2016). Карьеры «Высотный» и «Мукуланский», где происходила добыча руды открытым способом, дренируются атмосферными осадками, в результате чего выщелоченные металлы с поверхностным и подземным стоком попадают в главную дрену района – р. Баксан. Шахтные воды из подземного рудника и штолен разведочного участка «Северный», попадают в р. Камыксу – левый приток р. Баксан, отвалы пустой породы в Большой и Малой Мукуланских балках, которые при обильных осадках или интенсивном таянии снега регулярно выносятся селевыми потоками различных объемов в русло р. Баксан (рисунок 3.7), а также два хранилища отходов горно-обогатительного комбината – первое находится непосредственно на берегу р. Баксан (не была проведена рекультивация, заросло естественным путем), а второе – в долине р. Гижгит у селения Былым, образованное путем возведения подпорной дамбы в устьевой части долины и создания искусственного озера. Последнее из-за засушливого микроклимата и отсутствия притоков с достаточным расходом воды постепенно уменьшается, что привело к образованию двух несвязанных друг с другом водоемов (Реутова и др., 2021б). Большее из них – собственно так называемое «Былымское озеро» - питается за счет атмосферных осадков и несколько небольших притоков, поступающих на поверхность водосбора, и постепенно приобретает черты природного - завелось несколько

видов рыб, в теплый период происходит активное «цветение» озера (Дреева, 2015). Малый остаточный пруд притока чистых природных вод не имеет, питается только водами небольшого временного потока, который формируется при выпадении интенсивных осадков и отличается повышенными концентрациями многих элементов, которые превышают значения ПДК_{рыб.хоз.} (Винокуров и др., 2016).



Рисунок 3.7 – Исток ручья «Рудник (слева) и вынесенные селевым потоком отвалы из Большой Мукуланской балки (справа) (Фото Дреевой Ф. Р.)

Для определения возможного воздействия ТВМК на микроэлементный состав р. Баксан, были отобраны пробы во всех водных объектах, которые могут являться прямыми или косвенными источниками антропогенного загрязнения, а также непосредственно в р. Баксан выше и ниже объектов ТВМК. В таблице 3.5 приведены сведения о содержании в этих пробах микроэлементов, концентрации которых превышают ПДК_{рыб.хоз.} в одной или нескольких пробах.

Заметно, что наибольшее влияние ТВМК и его отдельные объекты оказывают на распределение молибдена, т.к. его концентрации в некоторых водных объектах в районе деятельности комбината превышают концентрации даже в наиболее обогащенных молибденом природных источниках в 160-280 раз. В связи с такими огромными концентрациями не удивителен значительный рост содержания молибдена по течению реки Баксан, несмотря на небольшой расход воды в этих притоках.

Таблица 3.5 - Содержание микроэлементов в р. Баксан и водных объектах в районе Тырнаузского вольфрамо-молибденового комбината (мкг/л).

№№	Местоположение пункта	Al	Cu	Mn	Zn	Mo
34	Р.Баксан, 36-й км, выше объектов ТВМК	172,92	4,77	7,95	25,49	0,70
85	Руч. Большой Мукулан	111,30	10,85	3,90	15,86	729,67
87	Руч. Малый Мукулан	42,35	1,24	24,02	44,78	1263,09
255	Руч. «Рудник», исток	15,80	2,95	8,33	54,25	550,50
254	Руч. «Рудник», устье	7,80	4,95	4,68	15,01	568,44
256	Р. Камыксу (Тырнаузсу), исток	15,87	2,47	3,34	63,89	0,44
257	Р. Камыксу, выше штолен	17,32	3,81	4,51	35,19	38,12
259	Сток из штольни	14,22	2,31	44,58	41,29	195,72
88	Р. Камыксу	146,45	4,07	3,33	41,90	90,07
35	Р. Баксан, 60-й км, выше р. Гижгит	232,64	4,07	9,18	19,13	4,87
90	Р. Гижгит, выше хвостохранилища	20,95	2,56	2,22	17,73	0
89	Р. Гижгит, устье, ниже хвостохранилища	156,88	3,80	4,32	25,77	1,46
91	Былымское оз., хвостохранилище	93,75	4,04	2,93	68,27	20,47
93	Малый остаточный пруд хвостохранилища	134,14	2,55	8,46	103,45	1197,96
36	Р. Баксан, 77 км, ниже всех объектов ТВМК	148,39	4,59	6,94	23,14	6,84
	<i>ПДК_{рыб.хоз.}</i>	<i>40</i>	<i>1</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>1</i>

Стоит заметить, что ручьи Большой и Малый Мукулан вообще носят временный характер, зачастую почти полностью исчезают в засушливый период. Но при выпадении интенсивных осадков они превращаются в бурные потоки, являющиеся селеопасными из-за большого количества рыхлого обломочного материала в их верховьях, который представляет собой отвалы вскрышных пород, измельченные забалансовые породы и прочие отходы добычи руды. По прочим микроэлементам, несмотря на превышение допустимых норм содержания, негативного влияния на микроэлементный состав р. Баксан не отмечается, и напротив, в водах притоков их концентрации заметно ниже (кроме цинка).

Таким образом, среди потенциальных антропогенных источников поступления микроэлементов в горные реки КБР выделяют сточные воды очистных сооружений и жидкий сток с объектов Тырнаузского вольфрамо-молибденового комбината (ТВМК). Однако по данным мониторинга в сточных водах очистных сооружений среди основных загрязнителей микроэлементы отсутствуют, поэтому единственным антропогенным источником загрязнения речных вод в бассейне р. Баксан микроэлементами можно считать ТВМК, а его основным загрязнителем из числа рассматриваемых нами микроэлементов - молибден.

ГЛАВА 4. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РЕЧНЫХ ВОДАХ ГОРНОЙ ТЕРРИТОРИИ КБР

4.1. Содержание микроэлементов в водах бассейнов главных рек КБР

4.1.1. Бассейн реки Малка

Верховья р. Малка интенсивно осваиваются в качестве рекреационной зоны. Еще в XIX веке расположенные здесь источники Джылы-Су были очень популярны. Здесь начинается классический маршрут для восхождения на г. Эльбрус. В настоящее время этот район посещают несколько тысяч туристов в год, и их количество увеличивается. Всего в бассейне р. Малка расположен 31 пункт отбора проб, из них 6 по руслу самой реки, 6 родников, одно карстовое озеро и 18 притоков ледникового и неледникового происхождения. Схема расположения створов приведена на рисунке 2.2, сведения о средних за период исследования концентрациях определяемых элементов, ПДК_{рыб.хоз.} (Приказ Министерства сельского хозяйства..., 2016) и среднем содержании растворенных микроэлементов в речных водах (Гордеев, 1983) – в таблице 4.1.

Концентрации серебра и кадмия были достаточно низкими, в большинстве пунктов отбора эти элементы встречались в «следовых» количествах. Если концентрации кадмия в обследованных водах были ниже кларков речных вод, то содержание серебра в 9 створах было выше кларковых значений. Наибольшие концентрации Ag в водах притоков в верхнем и среднем течении р. Малка связаны с влиянием многочисленных проявлений цветных и благородных металлов (Письменный и др., 2013; Парада, 2018). Поступление вод этих притоков приводит к закономерному повышению содержания серебра в створах на 16-м, 80-м и 94-м км относительно выше расположенных по течению р. Малка створов и формированию максимумов не только в водах основного водотока, но и в водах крупнейшего притока – р. Кичмалка (таблица 4.2) (Реутова и др., 2021а).

Таблица 4.1 - Средние концентрации микроэлементов за 2013 – 2019 годы в р. Малка и ее притоках, мкг/л

Местоположение пункта (км от истока)	№ пункта	Al	Mo	Cu	Pb	Mn	Ni	Cr	Zn	Cd	Ag
р. Малка											
Р. Малка (10,6)	1	28,7	0,26	1,49	0,43	37,83	0,47	0,55	77,15	0,046	0,10
Р. Малка (12,4)	2	239,04	0,41	2,60	1,29	19,16	0,85	1,05	13,98	0,064	0,07
Р. Малка (15,8)	4	247,19	0,37	1,47	1,52	13,91	1,05	0,90	32,62	0,051	0,30
Р. Малка (65,6)	5	148,12	0,63	3,30	0,71	14,13	2,06	1,25	9,26	0,020	0,09
Р. Малка (79,1)	6	110,50	0,42	3,78	0,80	12,76	1,20	1,57	40,43	0,035	0,15
Р. Малка (93,9)	7	89,27	0,46	3,63	1,76	8,43	2,28	1,20	26,25	0,030	0,22
Притоки											
Р. Уллукол (8,6), Л	8	221,64	0,17	2,58	0,61	3,67	0,48	0,76	21,91	0,016	0,11
Белый Нарзан (0), НЛ	9	48,73	0,13	3,11	0,60	230,47	5,52	1,21	54,57	0,061	0,11
Р. Бирджалы (6,3), Л	10	151,49	0,41	1,58	1,50	9,23	0,55	0,62	19,85	0,050	0,19
Родн. питьевой Джилы-Су (0)	243	203,89	0,73	2,95	0,70	8,80	0,58	0,62	21,76	0,004	0,08
Р. Султангорасу (1,6), Л	12	310,20	0,22	1,98	0,62	3,64	18,65	0,44	16,81	0,028	0,15
Р. Каракаясу (7,8), Л	13	331,50	0,38	2,28	1,06	22,43	1,73	1,21	17,78	0,038	0,63
Родн. Каракая (0), НЛ	14	48,85	0,15	1,49	0,55	7,91	1,55	0,81	14,25	0,045	0,24
Р. Сирх (1,1), НЛ	15	214,79	0,09	2,07	0,73	4,91	10,71	1,33	34,71	0,042	0,45
Р. Харбаз (10,7), НЛ	16	358,31	0,10	3,47	2,14	6,81	3,06	1,22	54,21	0,137	0,31
Ручей у выхода красных гранитов (1,2), НЛ	19	308,46	0,06	1,63	1,63	3,57	0,80	0,55	22,19	0,026	0,27
Р.Хасаут (21,7), НЛ	20	79,56	0,05	1,58	0,72	7,35	1,53	0,79	29,62	0,020	0,15
Р.Хасаут (20,3), НЛ	21	86,97	0,10	2,27	0,76	5,85	1,40	0,80	21,85	0,065	0,13
Р.Мушта (25,3), НЛ	216	33,74	0,22	2,96	0,83	5,78	1,77	1,00	23,91	0	0,08
Р. Шаджатмаз (1,2), НЛ.	22	269,90	0,47	2,06	0,43	3,92	4,98	0,82	14,20	0,022	0,28
	ПДК_{рыб.хоз.}	40	1	1	6	10	10	20	10	5	-
	Среднее содержание в речных водах	50	1	7	1	10	2,5	1	20	0,2	0,2

Продолжение таблицы 4.1.

Местоположение пункта (км от истока)	№ пункта	Al	Mo	Cu	Pb	Mn	Ni	Cr	Zn	Cd	Ag
Родник-водовод у Долины Нарзанов (0), НЛ	218	21,25	0,40	2,28	0,50	3,02	0,48	1,15	19,01	0,007	0,04
Руч. Лесной (0,5), НЛ	24	176,96	0,49	8,75	1,18	5,92	1,40	1,19	21,08	0,090	0,04
Р. Гедмыш (9,7), НЛ	219	26,74	0,19	2,71	0,39	3,00	1,59	1,64	26,40	0,003	0,05
Руч. Кызылкол (Хабазский) (6,6), НЛ	220	21,47	0,84	2,18	0,60	3,80	2,09	3,96	38,38	0,009	0,10
Ист. Псынашхибль (0), НЛ	222	64,93	2,34	2,55	0,24	3,20	0,89	0,97	62,73	0,004	0,09
Ист. Тхабзашхобс (0), НЛ	223	45,73	1,83	2,12	0,12	6,48	0,44	0,90	18,11	0,001	0,18
Р. Кичмалка (61,6), НЛ	25	43,48	1,26	2,57	0,28	3,61	0,95	1,03	34,06	0,034	0,12
Р. Кичмалка (21,9), НЛ	26	41,66	0,39	1,68	0,53	3,90	2,34	0,42	21,53	0,026	1,01
Р. Кичмалка (45,6), НЛ	28	68,23	1,12	1,42	0,49	5,35	12,11	0,65	23,83	0,024	0,18
Оз. Бол. Шадхурей	29	72,44	0,30	2,75	0,64	2,30	0,63	0,79	23,03	0,038	0,14
Р. Экипцоко (11,5), НЛ	30	32,99	0,29	3,14	0,44	5,51	1,18	1,07	41,58	0,012	0,11
<i>ПДК_{рыб.хоз.}</i>		40	1	1	6	10	10	20	10	5	-
Среднее содержание в речных водах		50	1	7	1	10	2,5	1	20	0,2	0,2

Л – ледниковые реки, НЛ – неледниковые реки

Таблица 4.2 - Диапазоны содержания микроэлементов в бассейне р. Малка (мкг/л).

Элемент	Р. Малка		Бассейн р. Малка	
	$C_{\min} \div C_{\max}$	C_{cp}	$C_{\min} \div C_{\max}$	C_{cp}
Al	28,7÷247,19	143,80	21,25÷358,31	133,77
Cu	1,47÷3,78	2,71	1,42÷8,75	2,59
Mo	0,26÷0,63	0,43	0,05÷2,34	0,49
Cr	0,55÷1,57	1,09	0,42÷3,96	1,05
Ni	0,47÷2,28	1,32	0,44÷18,65	2,75
Cd	0,02÷0,06	0,04	0÷0,14	0,04
Ag	0,07÷0,30	0,16	0,04÷1,01	0,20
Zn	9,26÷77,15	33,28	9,26÷77,15	28,94
Mn	8,43÷37,83	17,7	2,3÷230,47	15,38
Pb	0,43÷1,76	1,09	0,12÷2,14	0,8

Молибден почти во всех пунктах отбора встречался в концентрациях не более 0,9 мкг/л и лишь в 7 пунктах – больше 0,5 мкг/л. На общем фоне среди рек бассейна р. Малка выделялась только р. Кичмалка, где концентрации Мо достигали 1,3 мкг/л, что превышает среднее значение концентрации молибдена по бассейну в целом более чем в 2,5 раза (таблица 4.2). Наиболее высоким содержанием молибдена отличались расположенные в депрессии между Скалистым и Пастбищным хребтами сероводородные источники Псынашхибль и Тхабзашхобс (2,34 и 1,83 мкг/л соответственно), что является общей закономерностью для выходов подземных вод карстового генезиса в этой зоне (Реутова и др., 2020б).

Концентрации свинца в водах бассейна водосбора варьировали в пределах от 0,12 до 2,14 мкг/л, но обогащение относительно средних концентраций свинца в речных водах (>1 мкг/л) отмечено лишь в нескольких пунктах на самой реке Малка и в ряде ее притоков ледникового и неледникового происхождения. Наибольшие по бассейну р. Малка значения концентраций в притоках в среднегорной зоне, вероятнее всего связаны с наблюдаемой в этой зоне геохимической аномалией, связанной с Чочу-Кулакским месторождением (Матишов, Парада, 2019; Реутова и др., 2021а).

Средние концентрации хрома в водах самой реки Малка и ее бассейне в целом почти не отличаются и, как правило, его концентрации не превышают

уровня 1,5 мкг/л. Исключение – ручей Кызылкол, который впадает в р. Малка выше с. Хабаз. Концентрации в нем достигают почти 4 мкг/л, что скорее всего связано с влиянием Малкинского месторождения (Реутова и др., 2021а).

Концентрации никеля в водотоках бассейна р. Малка также были довольно низкими (до 4 мкг/л) и не превышали уровня ПДК_{рыб.хоз.}. Но в ряде случаев были однократно зафиксированы высокие концентрации в 2013 году, которые в итоге сильно повлияли на среднесуточные значения концентраций. Это устье р. Сирх (№15), среднее течение р. Кичмалка (№28), р. Шаджатмаз (№22) и р. Султангорасу (№12). Немного повышено относительно прочих водных объектов содержание никеля в водах углекислого источника «Белый Нарзан» (5,52 мкг/л). Все отмеченные случаи обогащения (>2,5 мкг/л) никелем водотоков, обследованных в бассейне р. Малка, связаны с влиянием имеющихся рудопроявлений (Письменный и др., 2013) или углекислых минеральных источников, для которых характерны более высокие концентрации данного микроэлемента (Лаврушин, 2012).

Воды р. Малка оказались обогащены и марганцем, лишь в замыкающем створе (№7) концентрация Mn была ниже уровня ПДК_{рыб.хоз.} и среднего содержания в речных водах. Хотя в большинстве случаев в притоках отмечались значительно более низкие концентрации марганца (исключение - источник «Белый Нарзан» (№9) и р. Каракаясу (№13)), относительно повышенное содержание - выше медианы (таблица Б.1) - оказалось характерно для рек и ручьев, на которых расположены выходы углекислых минеральных вод (Лаврушин, 2012). Отдельно стоит отметить выраженную закономерность снижения концентрации марганца не только от истоков к устью, но и от высокогорья к равнине (Реутова и др., 2021а).

В водах р. Малка и ее притоков отмечались достаточно высокие концентрации меди, цинка и алюминия, превышающие уровни ПДК_{рыб.хоз.} в несколько раз в большинстве створов наблюдения. Содержание меди во всех водных объектах было больше 1 мкг/л, но не превышало 4 мкг/л, за исключением небольшого ручья (№24) в среднегорной зоне. Концентрации цинка также были стабильно высокими от 9,3 до 77,2 мкг/л. Особенно высокие средние концентрации Al отмечены во многих пунктах наблюдения и достигали 247,2 мкг/л в р. Малка и

более 300 мкг/л в ледниковых притоках зоны формирования и неледниковых в среднегорной зоне. При этом в подземных водах концентрации алюминия значительно меньше, чем в ледниковых реках, и это характерно для всей исследуемой территории (Reutova et al., 2018a).

4.1.2. Бассейн реки Баксан

Верховья реки Баксан являются знаменитой горно-рекреационной зоной «Приэльбрусье», где расположены горнолыжный и туристический кластеры, ежегодно принимающие несколько сотен тысяч отдыхающих (Министерство курортов..., 2022). В связи с этим в перечень изученных водотоков включены многие популярные у туристов источники и другие водные объекты, расположенные в местах массового отдыха. Кроме туристических объектов в бассейне реки расположено крупное Тырнаузское вольфрамо-молибденовое месторождение, которое разрабатывалось несколько десятилетий. Хотя ТВМК прекратил работать еще в начале 2000-х годов, этот комплекс с отвалами и хвостохранилищами является основным антропогенным источником загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами в Кабардино-Балкарской Республике. В настоящее время ведутся подготовительные работы для запуска нового комбината для разработки Тырнаузского месторождения, что в будущем снова может привести к ухудшению экологической ситуации.

Река Баксан и ее притоки являются наиболее хорошо изученными нами объектами с точки зрения химического состава вод (Реутова и др., 2015б; Дреева и др., 2016; Реутова и др., 2016; Реутова и др., 2017а; Reutova et al., 2018b). Здесь расположено наибольшее количество наших створов – 67, местоположение которых приведено на рисунке 2.3. Из них 7 по течению самой реки, 4 на леднике на склонах Эльбруса, 9 родников и 4 водоема (два моренных озера и два пруда, расположенных на хвостохранилище). Остальные створы - притоки р. Баксан разного порядка ледникового и неледникового происхождения. В верховьях бассейна р. Баксан отбирали не только непосредственно по самому руслу реки, начиная от ледников на высоте до 4500 м над уровнем моря, но и по руслам

основных притоков – р. Терскол, Адылсу, Гарабаши, Донгуз-Орун. Также отбирали пробы в водотоках популярных у туристов рекреационных объектов – родники, водопады Девичьи косы и Терскол. Сведения о средних за период исследования концентрациях определяемых элементов, ПДК_{рыб.хоз.} (Приказ Министерства сельского хозяйства..., 2016) и среднем содержании растворенных микроэлементов в речных водах (Гордеев, 1983) – в таблице 4.3.

Серебро и кадмий определялись в достаточно малых количествах, близких к пределам определения: в р. Баксан - 0,03-0,17 мкг/л Cd и 0,21-0,60 мкг/л Ag, а в бассейне в целом – 0,01-0,17 и 0-1,19 мкг/л соответственно (таблица 4.4). Наибольшие концентрации серебра (выше значения III квартиля (таблица Б.1)) в большинстве случаев оказались ледниковых потоках на склонах Эльбруса и реках ледникового происхождения в бассейне р. Адылсу. Исключение в этом ряду с обогащением серебром более чем в 3,5 раза относительно среднего состава речных вод, составляют воды ручья Иткол Нижний (№62).

Концентрации хрома в бассейне также в основном не превышали 1 мкг/л, лишь в нескольких пунктах отбора проб, расположенных на некоторых правобережных притоках р. Баксан, большинство из которых относятся к бассейну р. Адылсу, отмечены более высокие уровни содержания Cr в воде, причем максимум приходится на родник у альплагеря «Джантуган» (таблица 4.3), воды которого регулярно отличаются более высоким относительно других родников бассейна содержанием нескольких микроэлементов (Реутова и др., 2016). При этом диапазон изменения концентраций по течению р. Баксан был заметно меньше, чем для всего бассейна в целом.

Концентрации свинца варьировали в пределах до 2 мкг/л во всех водах бассейнов, и от 0,8 до 1,4 мкг/л – в р. Баксан, не превышали ПДК_{рыб.хоз.} и были примерно сходными во всех изученных водотоках. Помимо вод реки Баксан – за исключением замыкающего створа – к числу обогащенных Pb (> 1 мкг/л) относятся воды большинства крупных ледниковых притоков в высокогорной части бассейна, талые ледниковые потоки на склонах Эльбруса и воды Былымского хвостохранилища.

Таблица 4.3 - Средние концентрации микроэлементов за 2013 – 2019 годы в р. Баксан и ее притоках, мкг/л

Местоположение пункта (км от истока)	№ пункта	Al	Mo	Cu	Pb	Mn	Ni	Cr	Zn	Cd	Ag
Бассейн реки Баксан											
Р. Баксан (3,3)	31	738,72	0,22	6,03	1,14	8,57	6,20	0,55	26,13	0,064	0,21
Р. Баксан (8,1)	32	254,07	0,35	2,12	1,38	7,13	1,05	0,50	4,53	0,036	0,23
Р. Баксан (17,7)	33	304,65	0,45	6,52	1,12	7,08	4,81	0,54	21,36	0,058	0,60
Р. Баксан (35,3)	34	172,92	0,66	4,77	1,34	7,95	5,06	0,62	25,49	0,067	0,29
Р. Баксан (59,4)	35	232,64	4,80	4,07	1,03	9,18	25,01	0,69	19,13	0,099	0,24
Р. Баксан (76,2)	36	148,39	6,06	4,59	1,04	6,94	1,32	0,54	23,14	0,089	0,29
Р. Баксан (112,3)	37	184,04	4,44	3,48	0,82	5,45	1,05	0,50	14,96	0,032	0,40
Притоки											
Скалы Пастухова (0), Л	38	201,06	0,10	2,73	1,81	2,96	10,00	0,42	11,96	0,036	0,58
Приют 11 (0), Л	39	101,16	0	2,18	1,22	3,09	1,19	0,20	15,09	0,025	1,19
Ледниковые потоки на ст. Гарабаши (0), Л	40	132,87	0,35	2,79	1,51	4,08	0,49	0,34	15,75	0,044	0,05
Ледниковые потоки на ст. Мир (0), Л	41	120,62	0,13	7,00	1,27	2,64	0,91	0,52	14,16	0,060	0,68
сток с лдн. Малый Азау (3,0)	224	21,16	0,84	5,20	0,86	1,68	0,53	0,58	60,93	0,005	0,05
Р. Гарабаши (4,3), Л	42	642,90	2,63	3,53	0,98	2,83	5,41	0,56	27,04	0,052	0,13
Вдп. Девичьи Косы (1,6), НЛ	43	78,98	4,06	2,15	0,38	1,19	2,23	0,53	12,51	0,026	0,23
Р. Терскол (8,1), Л	44	998,55	0,57	3,84	1,27	4,85	9,41	0,86	28,44	0,088	0,05
Р. Терскол (лев. ист) (2,2), Л	45	147,21	0,11	9,00	1,21	1,51	0,50	0,62	48,39	0,027	0,14
Р. Терскол (прав. ист) (1,2), Л	46	169,91	0,12	2,37	0,89	1,90	0,36	0,68	12,71	0,021	0,12
Вдп. Терскол (0,8), НЛ	47	388,52	0,81	4,29	1,72	2,88	0,85	0,95	45,03	0,031	0,15
Р. Терскол (2,6), Л	48	441,42	0,17	4,27	2,03	2,04	2,12	0,77	15,30	0,074	0,29
Р. Терскол (4,2), Л	50	1177,62	0,49	1,72	0,58	6,92	1,69	0,60	33,72	0,013	0,00
Родниковый ручей питьевой (0,26), НЛ	51	130,44	2,21	1,71	0,44	2,86	0,50	0,59	34,06	0,010	0,11
Р. Сарыкол (2,2), НЛ	52	104,98	1,92	3,25	0,77	2,32	5,77	0,61	28,28	0,081	0,29
Р. Терскол (5,3), Л	53	177,80	0,37	3,80	0,69	3,01	0,79	0,76	25,50	0,033	0,26
<i>ПДК_{рыб.хоз.}</i>		40	1	1	6	10	10	20	10	5	-
<i>Среднее содержание в речных водах</i>		50	1	7	1	10	2,5	1	20	0,2	0,2

Продолжение таблицы 4.3

Местоположение пункта (км от истока)	№ пункта	Al	Mo	Cu	Pb	Mn	Ni	Cr	Zn	Cd	Ag
Родник, массив Терскол (0), НЛ	54	57,03	0,27	2,93	0,59	1,59	0,60	0,62	42,62	0,022	0,12
Р. Донгуз-Орун (9,5), Л	55	206,29	0,16	4,25	1,39	6,70	0,68	0,61	20,69	0,058	0,33
Р. Донгуз-Орун (4,0), Л	56	142,64	0,50	0,54	1,24	1,49	0,45	0,08	5,48	0,051	0,00
Руч. Медвежий (2,6), Л	57	386,53	0,32	4,16	1,81	12,86	8,82	1,00	24,80	0,072	0,83
Оз.Донгуз-Орун-Кель, Л	58	305,53	0,24	4,80	1,34	6,77	2,58	0,46	22,32	0,034	0,24
Родник, южный склон г.Чегет (0,2), НЛ	59	77,08	0,16	4,11	0,69	3,00	0,80	1,11	37,29	0,020	0,22
Р. Донгуз-Орун (8,0), Л	60	183,73	0,13	2,90	0,86	5,61	1,06	0,55	12,86	0,022	0,21
Руч. Иткол Верхний (1,2), НЛ	61	177,58	0,72	3,65	0,56	4,62	5,94	0,81	23,53	0,069	0,22
Руч. Иткол Нижний (2,3), НЛ	62	155,37	0,68	3,84	0,97	1,47	2,70	2,15	16,17	0,033	0,72
Р. Когутайка (3,5), Л	63	135,96	0,48	5,77	0,74	15,82	5,61	0,38	15,67	0,066	0,60
Руч. Байдаево (3,0), НЛ	64	62,32	1,70	3,72	0,78	1,39	4,64	0,37	16,70	0,061	0,08
Р. Юсеньги (7,7), Л	65	97,64	0,19	5,17	0,89	8,56	7,71	0,85	30,85	0,100	0,09
Р. Адылсу (11,8), Л	66	251,73	0,72	3,63	1,02	12,08	3,43	1,15	40,96	0,056	0,73
Р. Адылсу (1,7), Л	67	595,10	0,56	12,68	1,06	12,35	0,52	1,58	17,99	0,068	0,72
Родн. «Зеленая гостиница» (0), НЛ	68	309,16	0,46	4,27	0,66	4,10	0,49	0,93	19,92	0,030	0,30
Оз. Башкара, Л	69	1186,82	0,48	3,96	1,45	11,85	26,94	1,34	23,62	0,166	0,08
Ручей с пер. Курмычи (1,6), Л	70	109,64	0,48	9,39	0,93	1,82	9,33	1,00	24,89	0,118	0,05
Родн. «Поляна Кошей» (0), НЛ	71	51,27	0,69	1,34	0,44	2,31	0,77	0,36	63,15	0,037	0,07
Р. Адылсу (5,6), Л	72	393,44	1,02	3,56	0,89	10,99	1,78	1,37	16,25	0,041	0,57
Родн. «Джантуган» (0), НЛ	73	75,41	1,66	2,32	0,96	2,33	1,63	3,58	32,75	0,060	0,15
Р. Кашкаташ (0,8), Л	74	231,16	0,65	1,56	1,35	8,51	0,65	0,61	25,78	0,055	1,11
Р. Шхельда (4,2), Л	75	353,68	0,62	7,63	1,50	9,48	6,12	1,47	33,58	0,066	0,47
Р. Шхельда (1,6), Л	76	102,85	0,82	6,11	0,96	9,05	1,00	0,80	11,95	0,042	0,95
Родник на заставе (0), НЛ	77	80,66	1,34	4,51	0,58	2,10	1,24	0,74	29,83	0,027	0,11
Ручей Геологов (1,6), НЛ	78	50,81	0,66	6,36	0,83	4,32	2,44	0,49	27,15	0,025	0,26
	<i>ПДК_{рыб.хоз.}</i>	40	1	1	6	10	10	20	10	5	-
	<i>Среднее содержание в речных водах</i>	50	1	7	1	10	2,5	1	20	0,2	0,2

Продолжение таблицы 4.3

Местоположение пункта (км от истока)	№ пункта	Al	Mo	Cu	Pb	Mn	Ni	Cr	Zn	Cd	Ag
Р. Ирик (11,8), Л	79	403,33	0,76	3,04	1,07	10,04	7,06	0,68	18,16	0,099	0,35
Ист. «Нейтрино» (0), НЛ	80	125,38	0,23	3,92	0,35	28,73	3,61	0,66	38,38	0,026	0,30
Р. Кыртык (22,2), Л	81	202,25	0,38	6,35	0,95	6,92	1,09	0,46	38,35	0,046	0,70
Р. Кыртык (21,7), Л	82	194,43	0,27	4,08	0,88	10,11	5,39	0,53	30,80	0,011	0,10
Р. Сылтран (8,3), Л	83	135,27	0,03	5,41	0,76	5,27	0,68	1,08	27,69	0,011	0,08
Р. Адырсу (16,1), Л	84	179,91	0,79	4,65	1,05	9,63	5,56	0,78	24,36	0,070	0,91
Руч. Большой Мукулан (4,5), НЛ	85	111,30	729,67	10,85	0,80	3,90	1,03	1,62	15,86	-	0,05
Р. Тютюсу (11,2), Л	86	35,99	0,78	5,28	0,75	9,52	1,03	0,51	22,65	0,012	0,13
Руч. «Рудник» (2,0), НЛ	254	7,80	586,44	4,95	0,51	4,68	0,99	0,68	15,01	-	0,04
Р. Камыксу (10,2), НЛ	88	216,71	162,17	4,07	0,65	3,33	0,72	1,08	41,90	0,016	0,10
Р. Гижгит (28,5), НЛ	89	156,88	1,81	3,80	0,54	4,32	0,29	0,95	25,77	0,019	0,07
Р. Гижгит (25,1), НЛ	90	20,95	0	2,56	0,42	2,22	0,21	0,59	17,73	0,018	0,10
Былымское озеро (хвостохранилище), НЛ	91	93,75	22,46	4,04	1,73	2,93	13,22	0,52	68,27	0,123	0,48
Малое Былымское озеро, НЛ	93	134,14	1197,96	2,55	0,81	8,46	0,70	0,68	103,45	0,061	0,26
Ручей дренажный (0), НЛ	94	42,37	не опр.	2,10	0,36	11,31	0,77	0,27	28,02	0,027	0,23
Р. Кестанты (27,6), НЛ	95	146,26	0,99	5,50	0,55	3,29	8,87	0,71	36,70	0,122	0,11
Ист. Жанхотеко (0), НЛ	228	131,53	13,85	6,41	0,28	3,10	0,88	0,70	0	0	0,08
Р. Хаюко (6,3), НЛ	229	171,34	0,80	3,93	0,39	4,69	0,49	0,79	35,92	0,004	0,06
Р. Кенделен (58,7), НЛ	96	127,47	1,44	3,12	0,40	3,66	1,10	0,64	24,28	0,009	0,11
<i>ПДК_{рыб.хоз.}</i>		40	1	1	6	10	10	20	10	5	-
<i>Среднее содержание в речных водах</i>		50	1	7	1	10	2,5	1	20	0,2	0,2

Л – ледниковые водные объекты, НЛ – неледниковые водные объекты

Таблица 4.4 - Диапазоны содержания микроэлементов в бассейне р. Баксан (мкг/л).

Элемент	Р.Баксан		Бассейн р.Баксан	
	$C_{\min} \div C_{\max}$	C_{cp}	$C_{\min} \div C_{\max}$	C_{cp}
Al	148,39÷738,72	290,78	7,8÷1186,82	231,15
Cu	2,12÷6,52	4,51	0,54÷12,68	4,35
Mo	0,22÷6,06	2,43	0-1197,96 (0÷13,85*)	41,95 (1,13*)
Cr	0,50÷0,69	0,56	0,08÷3,58	0,77
Ni	1,05÷25,01	6,36	0,21÷26,94	3,57
Cd	0,03÷0,10	0,06	0÷0,17	0,05
Ag	0,21÷0,60	0,32	0÷1,19	0,30
Zn	4,53÷26,13	19,25	0÷103,45 (0÷63,15*)	27,07 (25,26*)
Mn	5,45÷9,18	7,47	1,19÷28,73	5,92
Pb	0,82÷1,38	1,12	0,28÷2,03	0,94

* - Без учета водных объектов, испытывающих воздействие ТВМК

Что касается никеля, то чаще всего его концентрации также соответствовали допустимому уровню содержания (до 10 мкг/л) (таблица 4.4), но периодически отмечались более высокие концентрации никеля в отдельных пунктах. В 2015 году экстремально высокая концентрация никеля 120 мкг/л была на 60-м км течения р. Баксан (№35). Однако самым выделяющимся оказался 2016 год, когда концентрации никеля в 30 мкг/л и более были зафиксированы по всему течению р. Баксан выше 60-го км, а также в устьях всех основных его притоков – Кестанты, Адырсу, Ирик, Юсенги, Байдаево, Когутай, Терскол, Гарабаши. При этом в других ущельях мы не фиксировали высоких концентраций. При этом, среднемноголетние значения концентраций никеля во всех створах наблюдения в бассейне р. Баксан варьируют в пределах 0,21-26,94 мкг/л, а в самом Баксане – 1,05-25,01 мкг/л.

Содержание молибдена в речных водах бассейна р. Баксан сильно зависело от источников его поступления. По руслу реки Баксан максимальные концентрации отмечались в створах на 60-м км и ниже, из-за внесения молибдена водами притоков, расположенных в зоне влияния ТГОК с экстремально высокими

концентрациями (почти 1200 мкг/л в малом остаточном пруду хвостохранилища, 730 мкг/л в ручье Большой Мукулан, почти 590 мкг/л в руч. Рудник и более 160 – в р. Камыксу). Однако и в высокогорной зоне есть несколько рек и родников, которые по естественным причинам содержат молибден в значительных количествах от 1,4 до 4,1 мкг/л (Реутова и др., 2018б). Стабильно повышенным природным содержанием молибдена характеризуются стекающие со склонов Эльбруса р. Гарабаши (№42) и впадающий в нее водопад Девичьи косы (№43), который имеет подземное происхождение – 2,6 и 4,1 мкг/л, что сопоставимо с уровнем загрязненности этим компонентом вод р. Баксан ниже ТВМК (Максимальное для всего региона исследования содержание молибдена в водах водного объекта, который не подвержен влиянию техногенных источников загрязнения, было отмечено в источнике Жанхотеко. Хотя, как было упомянуто выше, для карстовых вод этой зоны типичны повышенные концентрации молибдена, в водах источника Жанхотеко концентрации молибдена выше на порядок (Реутова и др., 2020б).

Средние концентрации меди по течению р. Баксан во всех створах были выше ПДК_{рыб.хоз.} (от 2,12 до 6,52 мкг/л), также, как и во всех ее притоках (до 12,68 мкг/л), за одним единственным исключением. Приток озера Донгуз-Орун с перевала Донгуз-Орун содержит всего 0,54 мкг/л меди. Несмотря на значительные превышения нормативов, лишь в 6 пунктах отбора проб концентрации меди оказались выше среднего содержания в речных водах (таблица 4.3). Значения варьировали по годам, наиболее высокие были однократно отмечены в 2013 году. Не во всех створах пробы отбирали ежегодно в силу доступности к ним. Поэтому в ряде створов, где средние значения значительно отличаются от остальных, это обусловлено вышеуказанными причинами.

Только в 10 створах средние концентрации марганца превышали допустимый уровень содержания. Самым большим содержанием отличался слабоминерализованный минеральный источник выше поселка Нейтрино (№80), хотя его концентрации были ниже, чем в прочих углекислых источниках. Река Адылсу по всему своему течению также выделялась более высокими

концентрациями марганца по сравнению с другими реками, что связано с нахождением в долине реки множества выходов углекислых минеральных вод.

Цинк – это еще один элемент, чьи концентрации были выше допустимого уровня содержания в большинстве створов. Воды более 50 % пунктов отбора проб содержат Zn в количествах, превышающих его средние концентрации в речных водах мира (таблица 4.3). В реке Баксан – 4,53 - 26,13 мкг/л, а в притоках - от 0 до 63,15 мкг/л. Более высокие концентрации отмечены в бассейне р. Терскол и в ручье с ледника Малый Азау, которые берут начало с южных склонов Эльбруса, а также почти во всех родниках. При этом максимальное значение концентраций для бассейна (103,45 мкг/л) отмечено в малом остаточном пруду хвостохранилища, но видимого стока из него в Баксан нет.

Всего в четырех створах наблюдений в бассейне р. Баксан содержание алюминия было на уровне допустимых концентраций, в остальных случаях – от немного повышенных до экстремально высоких концентраций (до 1177,6 мкг/л). В р. Баксан содержание алюминия колеблется в пределах от 148 до 739 мкг/л, и прослеживается тенденция к снижению концентраций вниз по течению реки Баксан. Наиболее высокие концентрации этого элемента характерны для верховий практически всех ледниковых рек, особенно берущих начало на склонах Эльбруса. В родниках концентрации алюминия заметно ниже, чем в остальных водотоках.

4.1.3. Бассейн реки Чегем

Река Чегем берет свое начало от ледников Главного и Бокового хребтов, несвязанных с Эльбрусским узлом оледенения. В верховьях реки в непосредственной близости от ледников расположены две турбазы – Башиль и Чегем. И хотя в последние несколько лет верховья р. Гара-Аузусу стали популярным среди туристов объектом посещения, антропогенное воздействие в данном районе почти исключено, т. к. лагеря практически не работают, а добраться туда можно только на автомобилях высокой проходимости. Населенные пункты располагаются ниже 22-го километра вниз по течению реки. Популярные

туристические объекты – Большие и Малые Чегемские водопады – располагаются на 45-м и 55-м километрах реки (Реутова и др., 2019б).

В бассейне р. Чегем у нас расположено 29 створов (рисунок 2.4), из которых 7 - непосредственно по течению реки, 18 притоков разного происхождения и 4 родника. Пробы на р. Чегем отбирали в июле, в период интенсивного таяния ледников. Полученные данные, ПДК_{рыб.хоз.} (Приказ Министерства сельского хозяйства..., 2016) и среднее содержание растворенных микроэлементов в речных водах (Гордеев, 1983) приведены в таблице 4.5, а в таблице 4.6 указаны диапазоны среднесуточных концентраций в пунктах наблюдений на р. Чегем и в ее бассейне в целом.

Концентрации серебра и, особенно кадмия были достаточно низкими и не превышали 1 мкг/л. В единственном створе на 8-м км р. Гара-Аузусу (№113) в 2015 году была выявлена проба с 14,88 мкг/л серебра, что повлияло на значение средней концентрации. Такого высокого содержания серебра больше не обнаруживалось ни в одном створе за все годы наблюдений. Хотя сведений об отдельных проявлениях серебра в верховьях бассейна р. Чегем нет, отмечается повышенное содержание серебра в проявлениях полиметаллов, которые широко распространены на водосборной площади (Письменный и др., 2002), хотя в среднегорно-низкогорной зоне, где отмечается геохимический ореол серебра (более 10 фонов) (Письменный и др., 2021), значительного обогащения поверхностных вод этим элементом не наблюдается.

Концентрации свинца в воде р. Чегем, особенно в ее верховьях оказались самыми высокими по сравнению с другими реками. Это единственная река, где просматривается тенденция к снижению концентраций этого элемента вниз по течению реки. Точно такая же ситуация характерна и для хрома, что уже отмечалось нами ранее (Реутова и др., 2019б). Его концентрации выше, чем в других реках изученного региона и закономерно снижаются вниз по течению реки.

Таблица 4.5 - Средние концентрации микроэлементов за 2013 – 2019 годы в р. Чегем и ее притоках, мкг/л

Местоположение пункта (км от истока)	№ пункта	Al	Mo	Cu	Pb	Mn	Ni	Cr	Zn	Cd	Ag
Бассейн реки Чегем											
Р. Чегем (8,9)	100	916,24	0,75	1,70	6,37	19,85	1,64	2,60	23,43	0,046	0,18
Р. Чегем (14,7)	101	601,23	0,62	3,87	2,22	21,57	0,86	1,91	17,86	0,043	0,15
Р. Чегем (19,3)	102	489,53	0,66	1,42	1,40	12,39	1,13	1,84	13,64	0,049	0,29
Р. Чегем (29,1)	103	425,86	0,49	3,16	1,12	9,75	1,28	1,36	17,94	0,033	0,57
Р. Чегем (55,8)	104	357,06	0,67	2,58	0,78	9,13	1,04	1,14	6,48	0,035	0,10
Р. Чегем (70,3)	105	383,35	0,95	1,06	0,78	4,35	0,50	0,49	4,48	0,030	0,22
Р. Чегем (88,7)	106	310,03	0,80	2,45	0,74	4,83	0,75	0,48	9,84	0,045	0,27
Притоки											
Р. Джайлык (7,9), Л	107	353,63	0,79	3,05	1,93	16,67	1,17	1,46	29,29	0,037	0,31
Руч. Абай (2,0), НЛ	230	88,92	1,54	1,77	0,60	2,91	0	0,88	0	0,010	0,08
Р. Гара-Аузусу (13,7), Л	108	533,74	0,30	3,19	3,83	16,53	1,73	2,19	17,33	0,050	0,71
Р. Гара-Аузусу (6,1), Л	109	332,62	0,33	2,14	0,99	9,32	1,90	1,96	12,43	0,072	0,45
Р. Шаурту (2,1), Л	110	978,50	0	3,07	1,56	23,05	2,98	0,89	10,75	0,039	0,06
Р. Тютюргю (5,3), Л	111	985,77	0,33	2,70	0,91	14,08	1,05	0,56	23,92	0,215	0,07
Руч. Уллукурчуху (5,4), Л	112	29,29	0,40	2,44	0,67	1,19	3,52	0,76	13,66	0,088	0,08
Р. Гара-Аузусу (7,7), Л	113	840,23	0,56	0,79	1,71	20,48	2,50	2,59	14,06	0,030	5,44
Родн. Жирык-кел (0), НЛ	114	39,61	0,38	0,88	0,68	0,93	0,63	0,27	4,10	0,025	0,05
Р. Чараксу (4,7), Л	115	213,11	0,38	1,12	0,93	3,52	34,12	0,91	12,67	0,029	0,07
Р. Бауларсу (2,4), НЛ.	116	36,25	0,82	5,65	0,61	5,13	0,40	0,33	18,91	0,022	0,31
Р. Булунгусу (8,5), Л	117	383,76	0,58	4,48	1,02	16,85	0,46	0,87	12,77	0,044	0,87
Р. Сылыксу (6,4), НЛ	118	70,71	0,48	2,25	0,66	3,76	0,58	0,34	22,38	0,048	0,37
Р. Джылгысу (12,9), НЛ	119	52,82	1,05	2,71	0,68	2,30	1,17	0,20	7,11	0,019	0,18
Р. Кардан (8,4), НЛ	120	104,60	0,79	4,86	0,55	9,46	0,39	0,53	4,25	0,022	0,14
Р. Кекташ (10,6), НЛ	121	82,37	0,54	2,46	0,88	3,91	0,56	0,73	15,42	0,023	0,23
ПДК_{рыб.хоз.}		40	1	1	6	10	10	20	10	5	-
Среднее содержание в речных водах		50	1	7	1	10	2,5	1	20	0,2	0,2

Продолжение таблицы 4.5

Местоположение пункта (км от истока)	№ пункта	Al	Mo	Cu	Pb	Mn	Ni	Cr	Zn	Cd	Ag
Серебряный родник (0), НЛ	122	42,82	3,54	2,78	3,75	3,48	0,72	0,30	16,93	0,040	0,02
Р. Чатысу (6,3), НЛ	123	99,32	1,41	4,19	0,82	6,38	0,73	0,73	12,65	0,023	0,18
Р. Адайсу (3,8), НЛ	124	86,35	0,49	1,36	1,53	2,97	0,45	0,51	13,54	0,023	0,03
Р. Кийикчису (8,0), НЛ	125	86,86	0,86	8,30	0,89	5,31	1,24	1,18	9,28	0,039	0,14
Родн. Ахматова (0,5), НЛ	126	53,29	0,92	2,69	0,72	2,26	0,55	1,73	17,06	0,047	0,25
Ист. Тахур (0), НЛ	232	82,84	0	1,54	0,22	2,68	0	0,83	21,70	-	-
<i>ПДК_{рыб.хоз.}</i>		40	1	1	6	10	10	20	10	5	-
<i>Среднее содержание в речных водах</i>		50	1	7	1	10	2,5	1	20	0,2	0,2

Л – ледниковые реки, НЛ – неледниковые реки

Таблица 4.6 - Диапазоны содержания микроэлементов в бассейне р. Чегем (мкг/л).

Элемент	Р.Чегем		Бассейн р.Чегем	
	$C_{\min} \div C_{\max}$	C_{cp}	$C_{\min} \div C_{\max}$	C_{cp}
Al	310,03÷916,24	497,61	29,29÷985,77	312,44
Cu	1,06÷3,87	2,32	0,79÷8,30	2,78
Mo	0,49÷0,95	0,71	0÷3,54	0,74
Cr	0,48÷2,60	1,40	0,2÷2,60	1,05
Ni	0,50÷1,64	1,03	0÷34,12	2,21
Cd	0,03÷0,05	0,04	0,01÷0,22	0,04
Ag	0,10÷0,57	0,25	0,02÷5,44	0,42
Zn	4,48÷23,43	13,38	0÷29,29	13,93
Mn	4,35÷21,57	11,70	0,93÷23,05	8,79
Pb	0,74÷6,37	1,92	0,22÷6,37	1,36

Концентрации молибдена в основном были менее 1 мкг/л. Лишь в 4 пунктах (№230 и №119 расположены в зоне влияния Верхне-Чегемского вулканического центра, а №122 и №123 – в среднегорной зоне) воды оказались обогащены Мо относительно среднего состава речных вод, причем максимальные концентрации всегда отмечались в водах родника «Серебряный» (№122), расположенного в осевой линии Скалистого хребта и, и были довольно стабильными.

Концентрации никеля в основном не отличались от таковых в других изученных реках региона. Выявлено только два пункта, где его средние концентрации были значительно выше. Это 15-й километр течения самой р. Чегем (№101), где была однократно зафиксирована концентрация 51,25 мкг/л в 2013 году. Второй створ – это правый приток р. Гара-Аузусу (№115), в воде которого в 2015 году была концентрация 134,53 мкг/л.

По содержанию меди водотоки бассейна р. Чегем немного отличаются от других рек диапазоном колебаний концентраций. Только в двух пунктах отбора проб средние концентрации оказались ниже ПДК_{рыб.хоз.} (№113 и №114). Хотя превышение норматива более чем в 5 раз было отмечено в 5 пунктах, расположенных на неледниковых малых реках от высокогорья до низкогорья, лишь в одном из них концентрации Cu превышали среднее содержание в речных водах мира – 8,30 мкг/л в водах р. Кийикчису.

Общая тенденция снижения концентраций микроэлементов от высокогорья к равнине, которая отмечалась нами ранее (Реутова и др., 2015в), оказалась характерна и для марганца в водах р. Чегем. Самые высокие концентрации, превышающие уровни ПДК_{рыб.хоз.} и средних концентраций Mn в речных водах, характерны для ледниковых водотоков, расположенных в высокогорных районах (от 12 до 23 мкг/л в реках Башиль и Гара-Аузусу, считающихся истоками р. Чегем), где расположено несколько выходов углекислых минеральных источников (Лаврушин, 2012).

Почти в 3/4 пунктов отбора проб, расположенных на р. Чегем и ее притоках, средние концентрации цинка превышают ПДК_{рыб.хоз.} (таблица Б.1). Наиболее высокие концентрации, которые превышают среднее содержание цинка в речных водах мира, в бассейне р. Чегем характерны для ледниковых рек Джайлык и Тютюргю (29,3 и 23,9 мкг/л соответственно), расположенных в высокогорных районах, неледникового притока Сылыксу (22,4 мкг/л), теплого источника Тахур (21,7 мкг/л) и верхнего створа на р. Чегем (р. Башиль). Проявляется тенденция к снижению концентраций вниз по течению самой реки Чегем.

Самые высокие концентрации, как и в прочих бассейнах, характерны для алюминия. Его концентрации в верховьях в ряде случаев даже превышают ПДК для питьевой воды (500 мкг/л). Как и для цинка, в районе высокогорья в водотоках концентрации алюминия выше, чем в среднегорных и низкогорных районах. Помимо собственно р. Чегем, максимальные концентрации (от 300 до 1000 мкг/л) отмечались в ледниковых реках зоны формирования р. Чегем.

4.1.4. Бассейн реки Черек

Река Черек берет свое начало от ледников Главного хребта и в верховьях практически не подвержена антропогенному влиянию. У истоков реки Черек Безенгийский расположен лагерь, работающий только в летнее время и обслуживающий в основном альпинистов. Населенные пункты располагаются на 30-м километре у Черика (Балкарского) и на 25-м километре Черика Безенгийского. Популярными туристическими объектами в этом ущелье являются Голубые озера,

расположенные на 45-м километре течения реки, а также урочище Уштулу на первых километрах течения р. Черек Балкарский. Всего в бассейне этой реки у нас расположены 39 створов, из них 7 – по руслу реки, 26 – на притоках, 2 карстовых озера и 4 популярных у населения и туристов родника. Карта-схема расположения створов приведена на рисунке 2.5. Полученные результаты по содержанию микроэлементов, ПДК_{рыб.хоз.} (Приказ Министерства сельского хозяйства..., 2016) и среднем содержании растворенных микроэлементов в речных водах (Гордеев, 1983) приведены в таблице 4.7, а в таблице 4.8 указаны диапазоны среднесуточных концентраций в пунктах наблюдений на р. Черек и ее притоках.

Концентрации кадмия и серебра, как и во всех предыдущих случаях, были близки к нижнему пределу определения и не превышали 1 мкг/л. Единственным исключением является река Рцывашки (№138), где в 2015 году были зарегистрировано очень высокое для этого элемента значение концентрации – 4,28 мкг/л. Такие высокие концентрации серебра нами никогда больше не регистрировались в водах бассейна р. Черек. Закономерностей в распределении серебра по течению р. Черек Безенгийский или в его притоках от высокогорья к низкогорью не выявлено (Реутова и др., 2022а). Хотя в бассейне р. Черек Безенгийский находится месторождение «Радужное» запасы серебра на котором оцениваются в 156,1 т (Письменный и др., 2002), влияние его на поверхностные воды в данном районе не прослеживается.

Концентрации свинца за весь период наблюдений были относительно низкими (> 50 % створов со средним содержанием Pb < 1 мкг/л), за исключением проб 2015 года на створах, расположенных в верховьях р. Черек Балкарский и на некоторых ее притоках (№№ 128, 129, 135, 137 и 139), которые составили 23,49, 11,81, 9,48, 24,54 и 17,81 мкг/л соответственно. В результате, именно для вод в этих пунктах характерны наибольшие средние концентрации свинца и даже отмечается небольшое превышение ПДК_{рыб.хоз.} в створах №128 и №137. В прочих случаях, содержание свинца в водных объектах в данном бассейне превышало среднее содержание в речных водах мира не более, чем в 1,7 раза.

Таблица 4.7 - Средние концентрации микроэлементов за 2013 – 2019 годы в р. Черек и ее притоках, мкг/л

Местоположение пункта	№ пункта	Al	Mo	Cu	Pb	Mn	Ni	Cr	Zn	Cd	Ag
Бассейн реки Черек											
Р. Черек (Балкарский) (11,1)	127	51,50	0,30	3,96	0,99	22,10	1,67	1,75	46,67	0,028	0,09
Р. Черек (Балкарский) (17,8)	128	346,42	0,73	1,73	6,33	14,36	5,40	1,29	34,79	0,034	0,50
Р. Черек (Балкарский) (25,6)	129	355,16	1,37	3,42	3,00	11,44	1,07	1,21	19,13	0,048	0,20
Р. Черек (Балкарский) (32,7)	130	280,09	0,50	2,54	1,19	12,65	3,31	0,86	15,28	0,022	0,17
Р. Черек (Балкарский) (47,2)	131	271,48	1,85	1,93	1,17	10,30	2,15	0,64	11,83	0,065	0,34
Р. Черек (58,1)	132	528,86	1,02	5,11	1,14	7,71	2,25	1,21	26,04	0,068	0,44
Р. Черек (82,3)	133	155,52	1,69	1,56	0,66	9,36	1,70	1,00	10,95	0,020	0,87
Притоки											
Р. Карасу (9,3), Л	277	15,75	0	2,91	0,71	11,12	3,93	0,76	140,35	0,052	0,06
Р. Ортозюрек (4,6), Л	134	76,45	0,40	3,82	1,34	5,39	8,87	1,14	73,88	0,031	0,14
Р. Зерклису (4,0), Л	135	340,71	0,61	1,65	3,76	8,90	0,90	1,08	23,04	0,041	0,06
Ручей с г. Сабалах (2,6), НЛ	136	31,15	2,38	1,09	1,01	1,65	1,28	1,19	49,16	0,128	0
Р. Гюльчису (4,5), НЛ	137	51,32	2,50	1,44	6,50	1,01	0,54	0,44	34,93	0,080	0,22
Р. Рцывашки (16,4), Л	138	141,38	0,85	2,73	1,21	7,77	3,56	0,66	12,71	0,041	0,92
Р. Курноятсу (7,7), НЛ	139	72,53	0,56	4,13	4,20	11,69	1,79	0,50	20,45	0,032	0,21
Р. Хашхасу (7,0), НЛ	140	46,23	0,52	5,61	0,25	7,28	1,11	0,73	18,47	0,048	0,05
Р. Чайнашки (16,5), НЛ	141	76,26	0,39	3,72	0,86	6,88	1,55	0,68	26,88	0,036	0,15
Р. Курунгусу (3,8), НЛ	142	121,18	0,64	3,81	1,02	7,12	2,04	0,91	19,52	0,029	0,09
Водоток (временный) (1,2), НЛ	143	43,05	0,93	3,12	0,20	1,65	1,95	0,35	10,80	0,023	0,28
Вдп. Каябашису (0,2), НЛ	145	62,29	4,34	3,44	0,73	3,73	0,89	0,38	13,02	0,019	0,09
Голубое озеро (сток) (0), НЛ	146	48,86	2,55	1,77	0,21	2,91	1,39	0,55	8,85	0,015	0,08
Р. Карасу Балкарский (15,8), НЛ	150	36,50	0,56	3,97	1,62	2,78	1,04	0,71	28,49	0,024	0,28
Водоем карстовый у с. Бабугент (0), НЛ	151	41,83	1,69	3,30	0,12	33,40	0,74	1,04	29,44	0,015	0,16
<i>ПДК_{рыб.хоз.}</i>		40	1	1	6	10	10	20	10	5	-
<i>Среднее содержание в речных водах</i>		50	1	7	1	10	2,5	1	20	0,2	0,2

Продолжение таблицы 4.7

Местоположение пункта	№ пункта	Al	Mo	Cu	Pb	Mn	Ni	Cr	Zn	Cd	Ag
Р. Черек Безенгийский (53,3), Л	152	450,29	0,86	3,10	1,43	12,41	4,31	1,61	42,06	0,099	0,19
Р. Черек Безенгийский (9,1), Л	156	35,17	0,18	2,49	0,70	30,92	1,87	0,34	73,21	0,020	0,05
Р. Мижирги (3,2), Л	157	80,94	0,72	2,85	0,36	4,18	0,62	0,46	48,46	0,017	0,10
Родник «Безенги» (0), НЛ	158	32,06	2,83	4,65	0,36	2,55	0,66	0,89	104,23	0,024	0,13
Р. Черек Безенгийский (11,2), Л	160	86,01	0,45	4,07	0,97	44,99	0,79	0,83	83,21	0,046	0,11
Руч. Гитче-Наратлы (1,8), НЛ	161	43,83	1,43	3,71	0,40	3,37	0,52	0,97	58,90	0,009	0,09
Р. Аккусу (5,3), НЛ	162	29,42	1,21	4,75	0,56	2,92	0,44	1,05	60,91	0,012	0,20
Р. Шьки (4,4), НЛ	163	45,19	0,15	2,88	0,43	5,13	0,59	0,91	97,81	0,074	0,09
Р. Черек Безенгийский (24,5), Л	164	277,32	0,71	2,41	0,84	25,64	0,66	1,04	21,80	0,040	0,08
Р. Кишлыксу (6,6), НЛ	165	90,03	0,72	3,73	0,57	3,11	0,87	1,00	20,88	0,044	0,06
Р. Шаудорсу (5,9), НЛ	166	19,36	1,53	2,31	0,41	2,87	1,00	1,03	22,62	0,024	0,08
Родн. Тыжынты (0), НЛ	168	73,65	1,83	2,93	0,41	1,44	1,17	0,92	15,14	0,021	0,12
Р. Черек Безенгийский (40,8), Л	169	150,12	0,64	2,28	0,92	18,71	0,71	1,23	19,04	0,034	0,10
Р. Карасу (Безенгийский) (15,7), НЛ	170	23,31	1,01	2,51	0,29	1,85	0,71	0,93	16,31	0,037	0,10
Ист. Ислису (0), НЛ	171	44,54	1,22	2,98	0,36	7,81	0,93	0,93	40,48	0,016	0,12
Р. Хеу (28,2), НЛ	172	65,36	2,37	2,17	0,74	2,71	2,39	0,70	35,92	0,020	0,14
Р. Псыгансу (55,6), Л	173	200,17	1,77	1,79	1,13	4,38	1,00	0,75	10,83	0,022	0,16
	<i>ПДК_{рыб.хоз.}</i>	40	1	1	6	10	10	20	10	5	-
	<i>Среднее содержание в речных водах</i>	50	1	7	1	10	2,5	1	20	0,2	0,2

Л – ледниковые реки, НЛ – неледниковые реки

Таблица 4.8 - Диапазоны содержания микроэлементов в бассейне р. Черек (мкг/л).

Элемент	Р. Черек		Бассейн р. Черек	
	$C_{\min} \div C_{\max}$	$C_{\text{ср}}$	$C_{\min} \div C_{\max}$	$C_{\text{ср}}$
Al	51,5÷528,86	284,15	15,75÷528,86	126,70
Cu	1,56÷5,11	2,89	1,09÷5,61	3,04
Mo	0,3÷1,85	1,07	0÷4,34	1,18
Cr	0,64÷1,75	1,14	0,34÷1,75	0,89
Ni	1,07÷5,40	2,51	0,44÷8,87	1,75
Cd	0,02÷0,07	0,04	0,01÷0,13	0,04
Ag	0,09÷0,87	0,37	0÷0,92	0,19
Zn	10,95÷46,67	23,53	8,85÷140,35	37,09
Mn	7,71÷22,10	12,56	1,01÷44,99	9,65
Pb	0,66÷6,33	2,07	0,12÷6,50	1,26

Содержание хрома в водах бассейна р. Черек значительно меньше существующих нормативов, однако воды в самой р. Черек, в некоторых пунктах на ее истоках – реках Черек Балкарский и Черек Безенгийский, а также в ряде притоков оказались слабо обогащены хромом относительно средних концентраций в речных водах мира. Ярko выраженных закономерностей в пространственном распределении этого элемента в бассейне р. Черек не выявлено.

Для водотоков этого бассейна также нестабильными были и концентрации никеля. В 2017 году высокая концентрация была зарегистрирована на р. Ортозюрек (№134), после селя, сошедшего по ее руслу в 2016 году. В 2015 году примерно такие же высокие концентрации были на четырех створах - №130, 132, 138, 152. Подобную нестабильность в содержании этого элемента мы отмечали и в бассейне р. Баксан, особенно в 2016 году.

Средние концентрации молибдена в водных объектах бассейна р. Черек не отличались от содержания в реках других изученных бассейнов, в 21 створе они были меньше 1 мкг/л. К числу обогащенных молибденом (относительно среднего состава речных вод мира) помимо вод из главного водотока бассейна, отобранных в разных зонах, относятся воды ряда притоков неледникового происхождения (исключение – р. Псыгансу (№173)), расположенных от высокогорной до низкогорной зоны, причем водный объект с максимальным содержанием Мо –

водопад Каябашису, так же, как и в бассейне р. Чегем, находится в осевой зоне Скалистого хребта.

Вода в бассейне р. Черек, также, как и в бассейнах всех остальных изученных рек, обогащена медью. Наиболее типичны для бассейна концентрации в диапазоне от 1,5 до 5 мкг/л, значительно превышающие уровень ПДК_{рыб.хоз.}, а почти в 50% створов воды содержат 3 ПДК_{рыб.хоз.} и более (таблица Б.1). Несмотря на превышение нормативов и большое количество рудопроявлений с высоким содержанием меди (Письменный и др., 2002), обогащения поверхностных вод бассейна медью относительно среднего состава речных вод не наблюдается, в отличие от других изучаемых бассейнов.

Наибольшие концентрации марганца (25 – 45 мкг/л) отмечались в верховьях р. Черек Безенгийский и в карстовом источнике в селении Бабугент. Хотя высокие концентрации марганца в прочих ледниковых реках региона исследования, как правило, связаны с влиянием минеральных вод (Дреева и др., 2023), о наличии таких источников в бассейне р. Черек Безенгийский информации нет (Лаврушин, 2012), что говорит о необходимости дальнейшего исследования этого района. В самой р. Черек концентрации марганца постепенно уменьшались от истока к устью в пределах от 22,1 до 7,7 мкг/л. Более высокие концентрации марганца характерны для водотоков высокогорной зоны.

Для водотоков бассейна р. Черек также оказались типичны достаточно высокие концентрации цинка. Только в 5 створах его средние концентрации были на уровне 1-1,5 ПДК_{рыб.хоз.}, и лишь в одном пункте отбора (сток оз. Цериккель) – ниже ПДК_{рыб.хоз.}. Наиболее сильно по отношению к среднему составу речных вод мира (более чем в 3 раза) оказались обогащены цинком воды притоков в высокогорной части бассейна, которые имеют как ледниковое, так и подземное происхождение. По-видимому, основным источником поступления данного микроэлемента являются полиметаллические руды, которые широко распространены на водосборной площади (Письменный и др., 2002).

Всего в восьми створах концентрации алюминия были ниже уровня ПДК_{рыб.хоз.}, но особенно привлекает внимание значительно более низкое (51,5

мкг/л), чем в ниже расположенных створах (155-529 мкг/л), содержание алюминия на 12-м км р. Черек Балкарский. Скорее всего, это связано с условиями мобилизации и миграции алюминия (Злобина и др., 2017), а также особенностями геологического строения бассейна водосбора в верховьях реки, где распространены осадочные породы юрского возраста (Письменный и др., 2002).

4.2. Сравнительная характеристика и особенности распределения микроэлементов в водах бассейнов главных рек КБР

Для выявления возможных закономерностей или особенностей распределения микроэлементов по течению в главных реках, было проведено сравнение содержания каждого из микроэлементов в реках Малка, Баксан, Чегем и Черек, а также в их притоках. Построены точечные диаграммы (рисунки 4.1-4.10), отображающие концентрации каждого элемента в водах из пунктов отбора проб, расположенных на главных реках бассейнов и на притоках первого порядка ледникового и неледникового происхождения. По некоторым из элементов приведена более подробная характеристика, так как их распределение показалось нам наиболее интересным.

Природные воды горной зоны в каждом из бассейнов главных рек Кабардино-Балкарии оказались сильно обогащены алюминием, что наиболее сильно проявляется в ледниковых реках, которые берут начало от ледников Эльбруса (Дреева и др., 2023). Среднемноголетние концентрации Al в обследованных водных объектах находятся в широком диапазоне от 7,8 мкг/л до 1186,8 мкг/л, причем наибольший разброс средних концентраций по отдельным бассейнам характерен для высокогорной зоны (Дреева и др., 2020). Водные объекты подземного и ледникового происхождения сильно различаются по содержанию Al (рисунок 4.1). Так, в водах подземного происхождения более низкие концентрации Al, нежели в ледниковых реках, причем эта закономерность сохраняется во всех высотных зонах и для всех бассейнов, что хорошо заметно на графике изменения содержания Al от высокогорья к низкогорью.

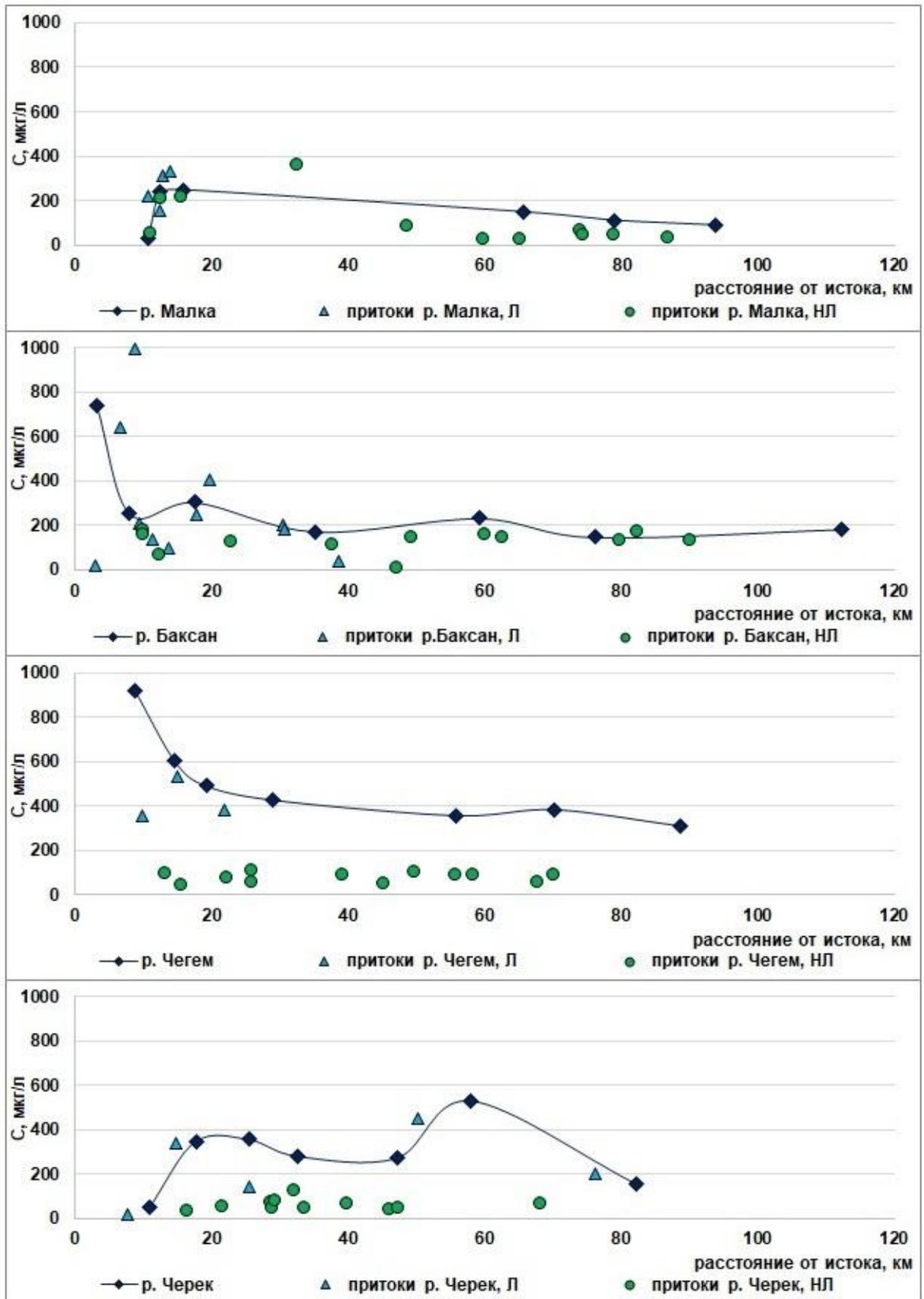


Рисунок 4.1 – Изменение концентраций Al по течению в основных реках КБР и содержание Al в их ледниковых (▲) и неледниковых (●) притоках первого порядка

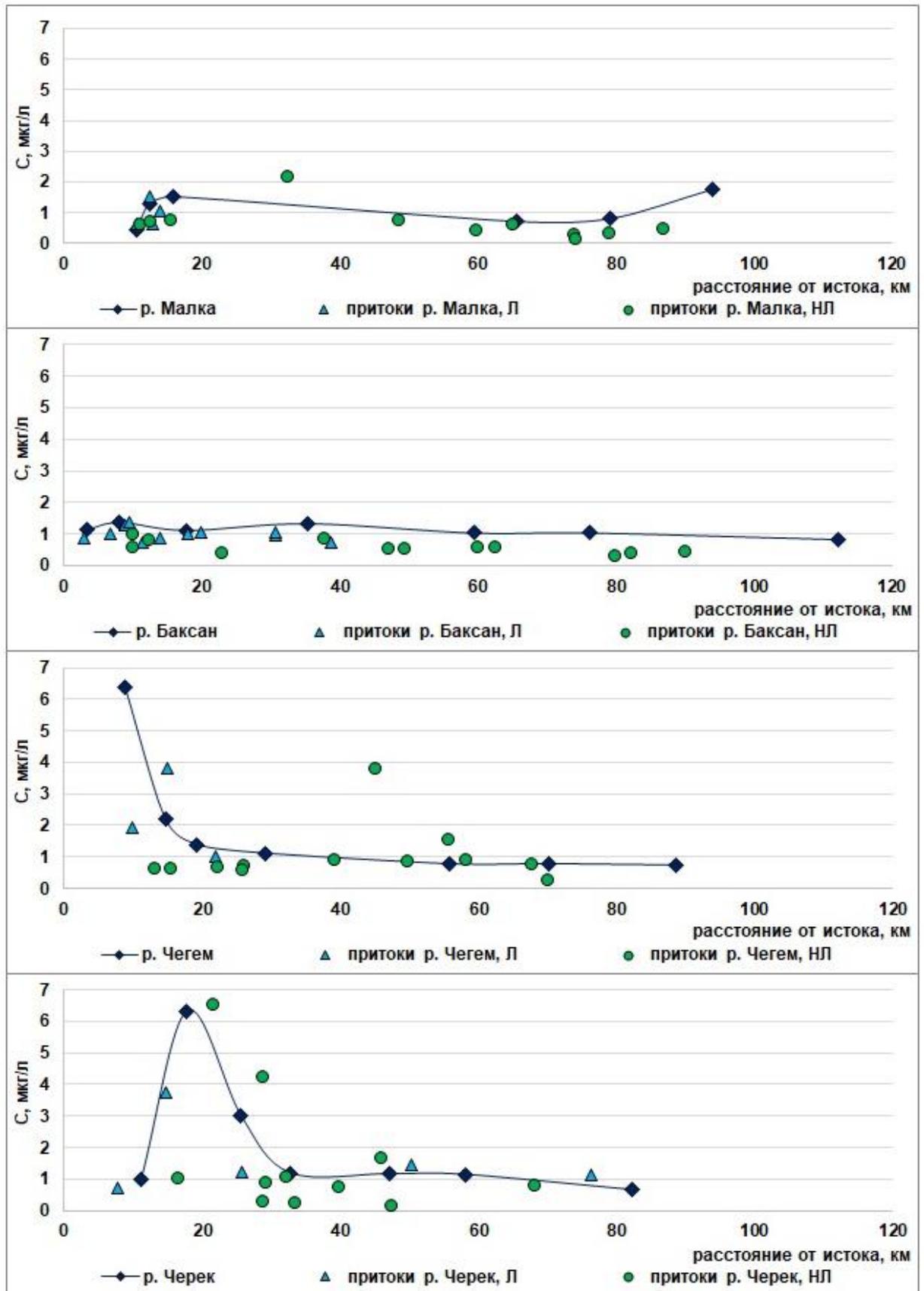


Рисунок 4.2 – Изменение концентраций Pb по течению в основных реках КБР и содержание Pb в их ледниковых (\blacktriangle) и неледниковых (\bullet) притоках первого порядка

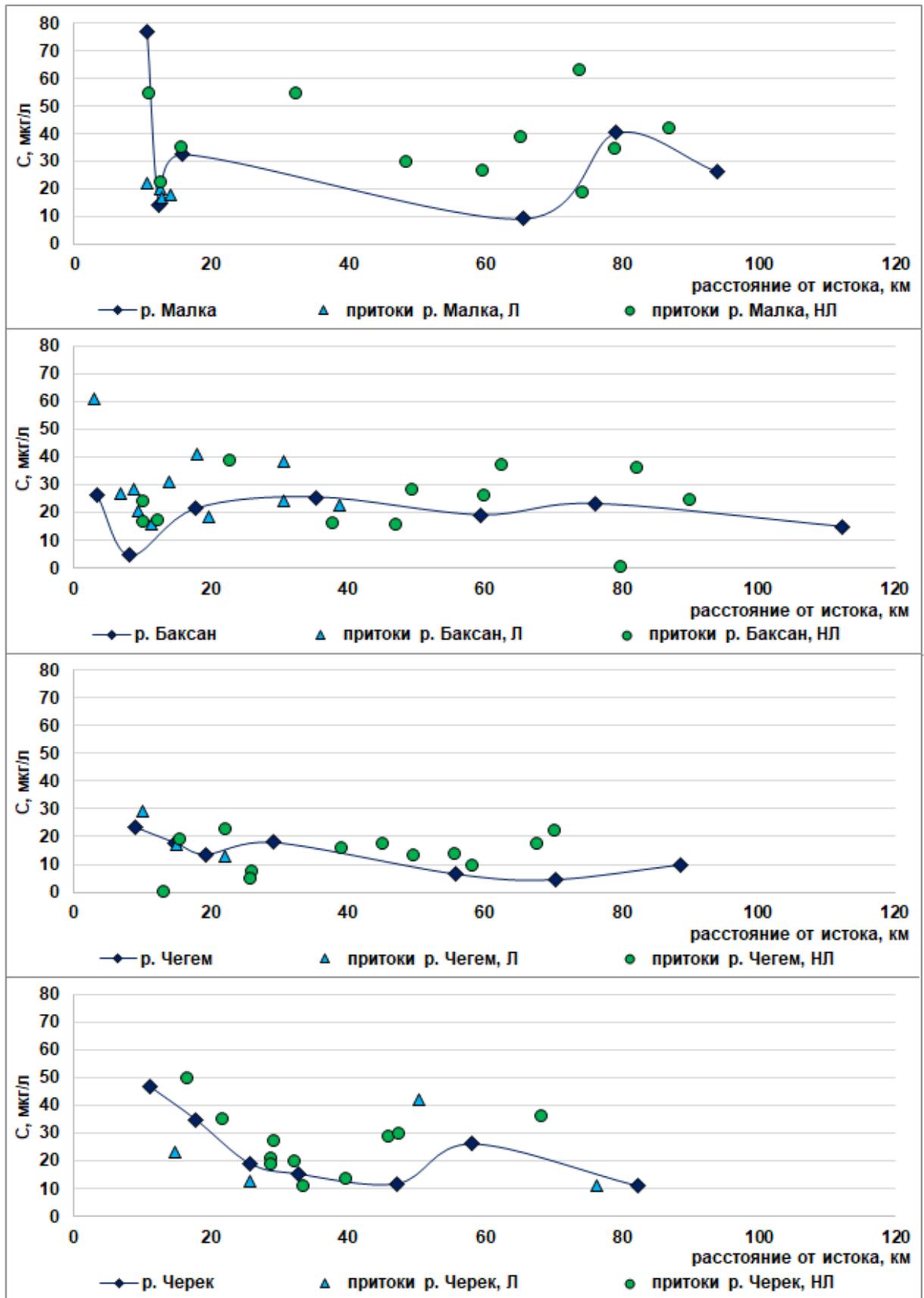


Рисунок 4.3 – Изменение концентраций Zn по течению в основных реках КБР и содержание Zn в их ледниковых (▲) и неледниковых (●) притоках первого порядка

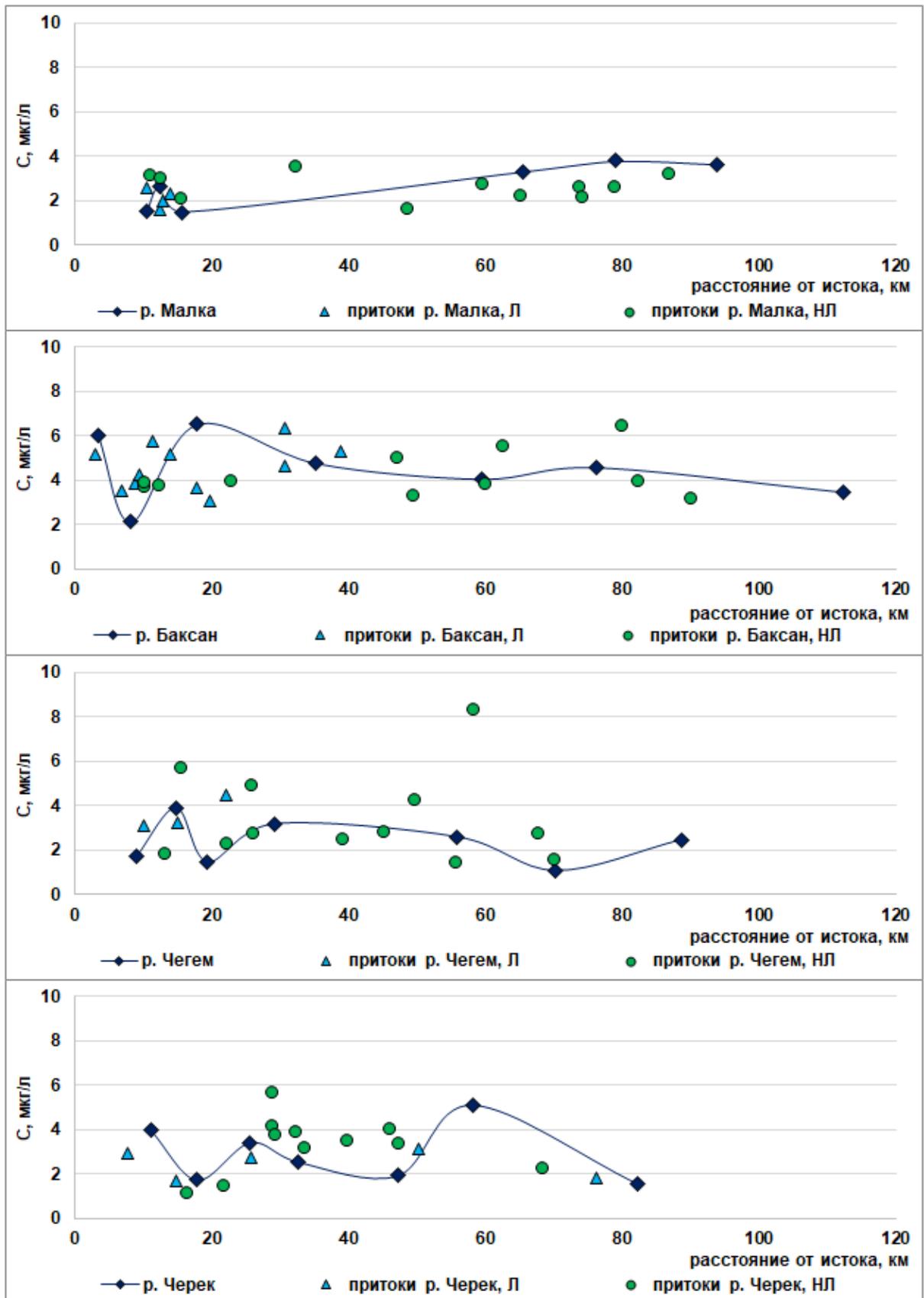


Рисунок 4.4 – Изменение концентраций Cu по течению в основных реках КБР и содержание Cu в их ледниковых (▲) и неледниковых (●) притоках первого порядка

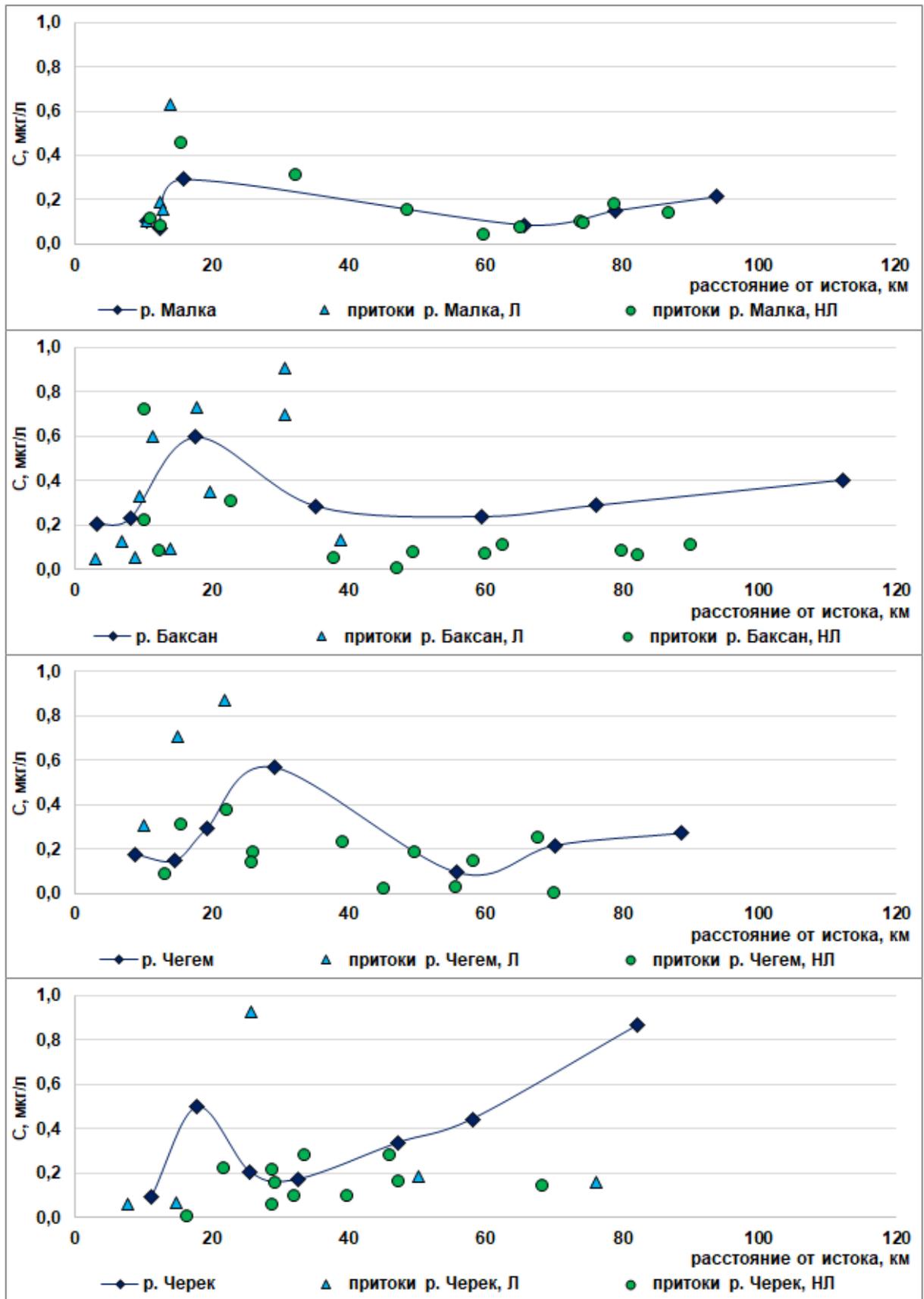


Рисунок 4.5 – Изменение концентраций Ag по течению в основных реках КБР и содержание Ag в их ледниковых (\blacktriangle) и неледниковых (\bullet) притоках первого порядка

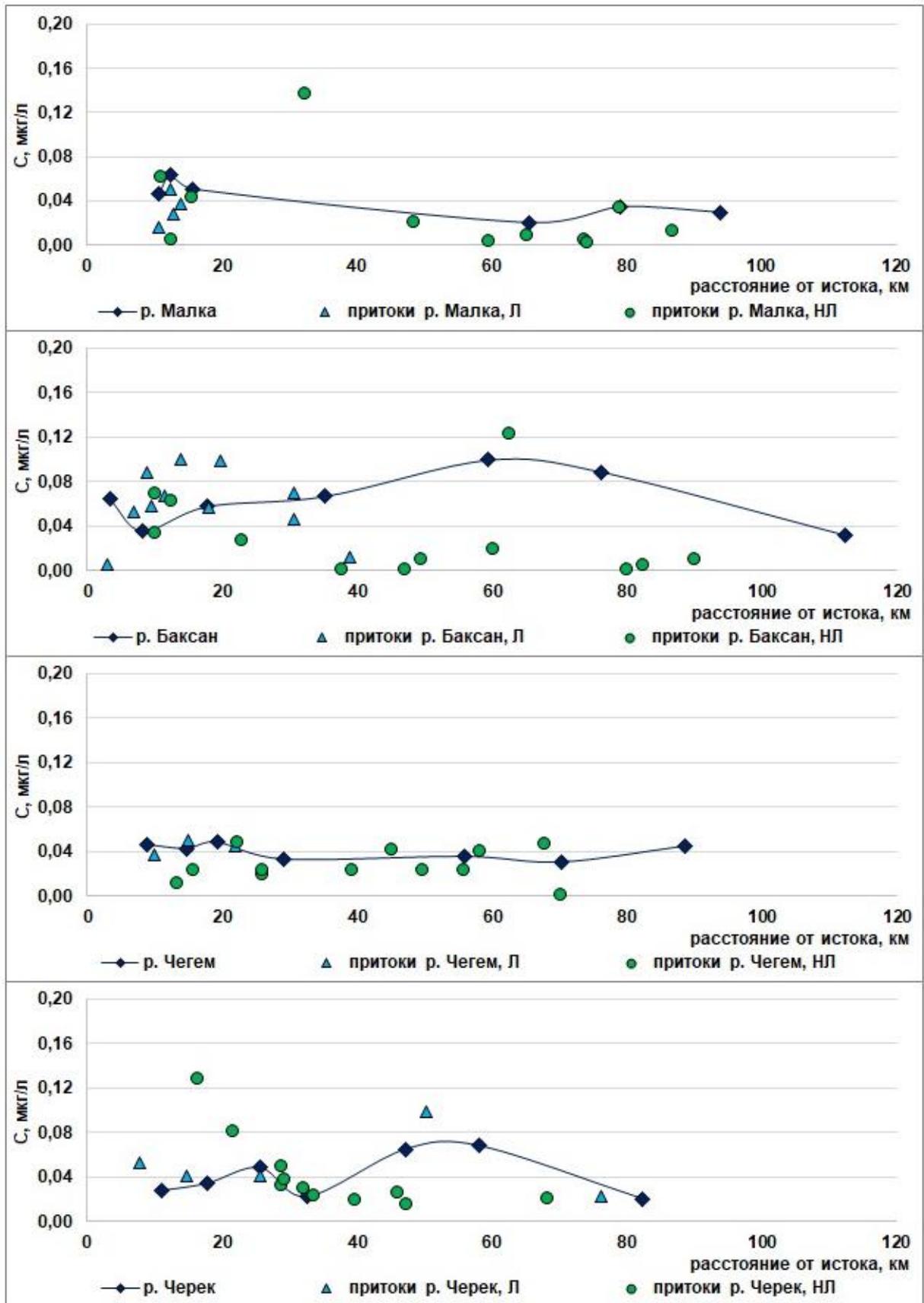


Рисунок 4.6 - Изменение концентраций Cd по течению в основных реках КБР и содержание Cd в их ледниковых (\blacktriangle) и неледниковых (\bullet) притоках первого порядка

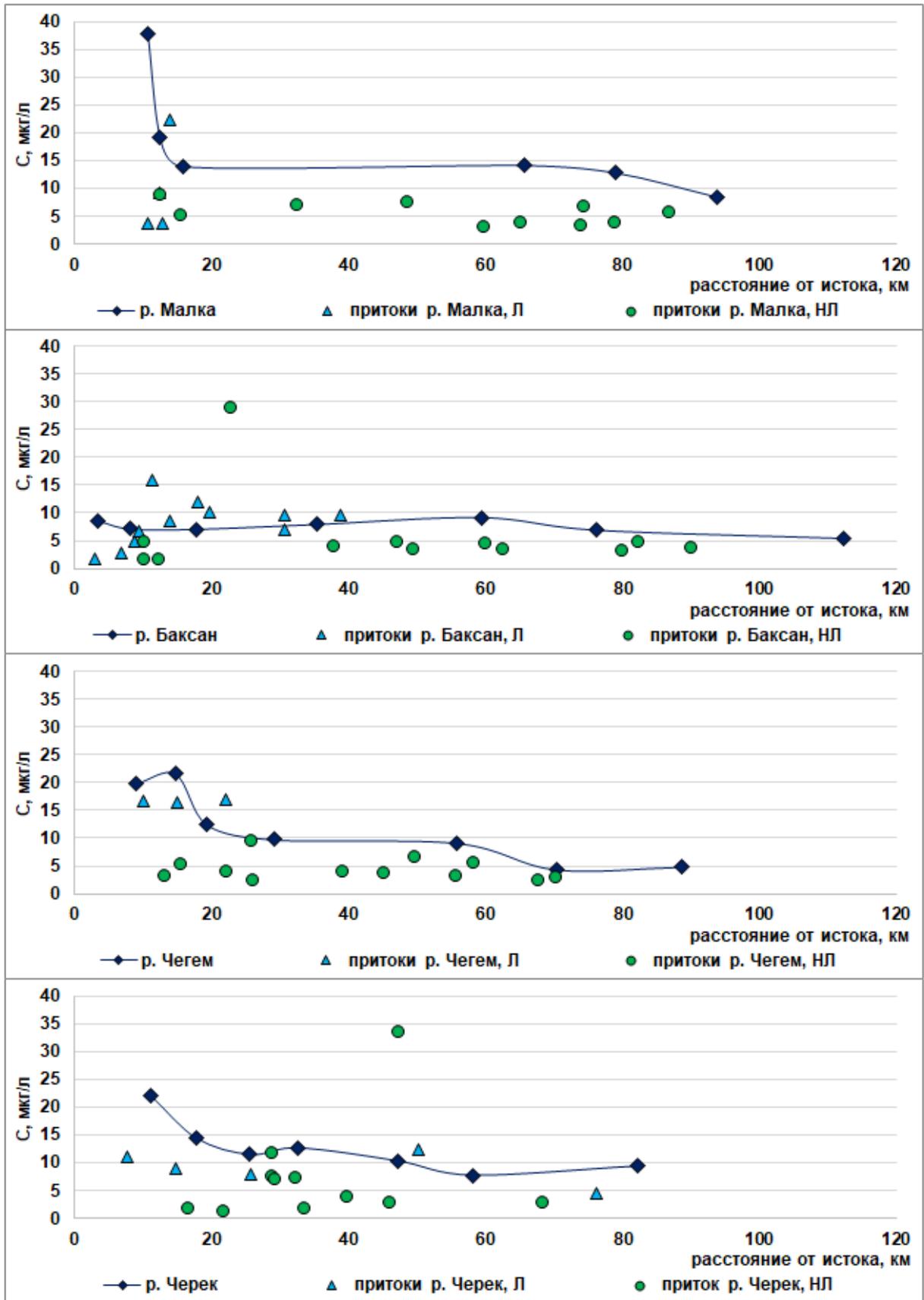


Рисунок 4.7 – Изменение концентраций Mn по течению в основных реках КБР и содержание Mn в их ледниковых (▲) и неледниковых (●) притоках первого порядка

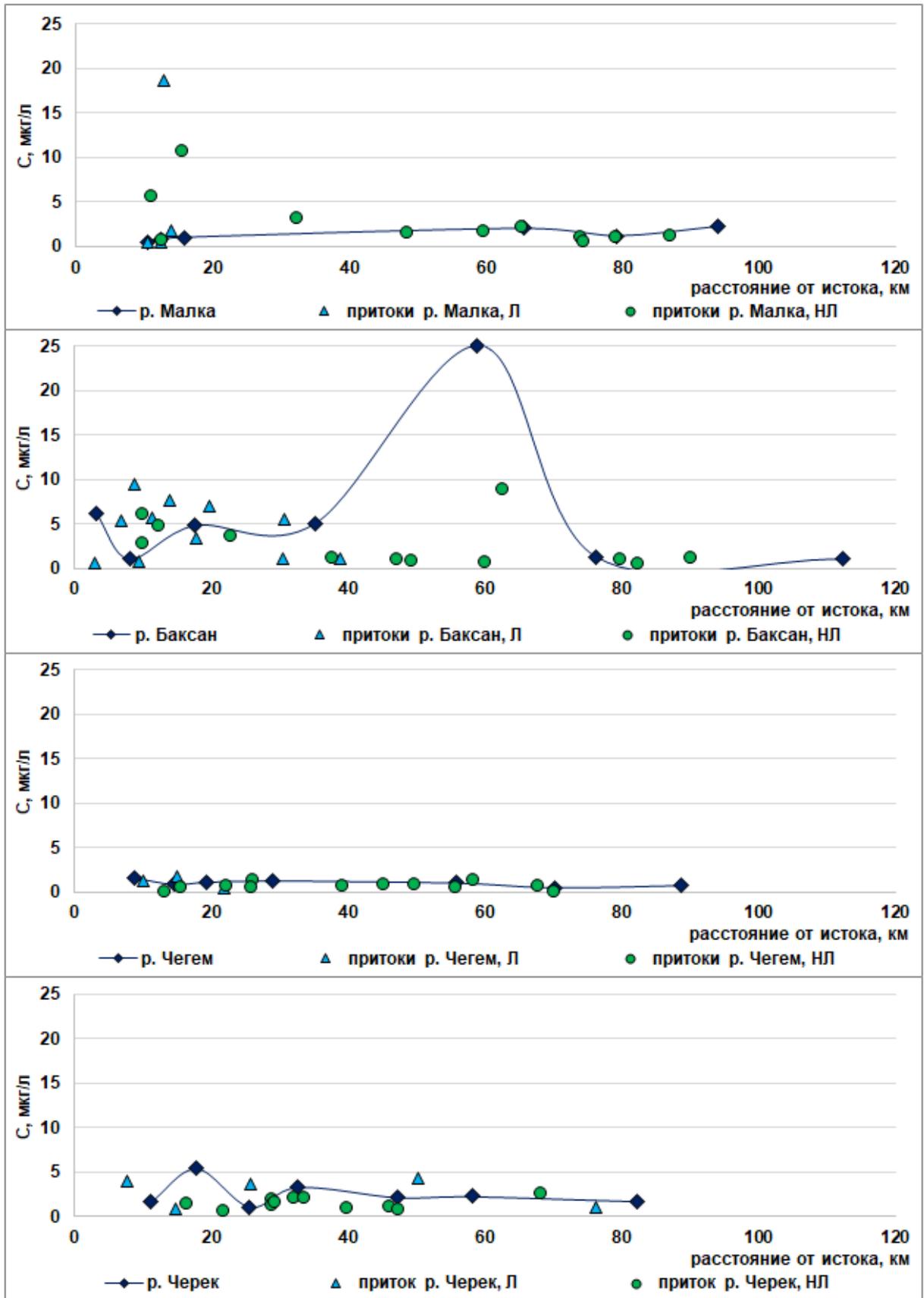


Рисунок 4.8 – Изменение концентраций Ni по течению в основных реках КБР и содержание Ni в их ледниковых (▲) и неледниковых (●) притоках первого порядка

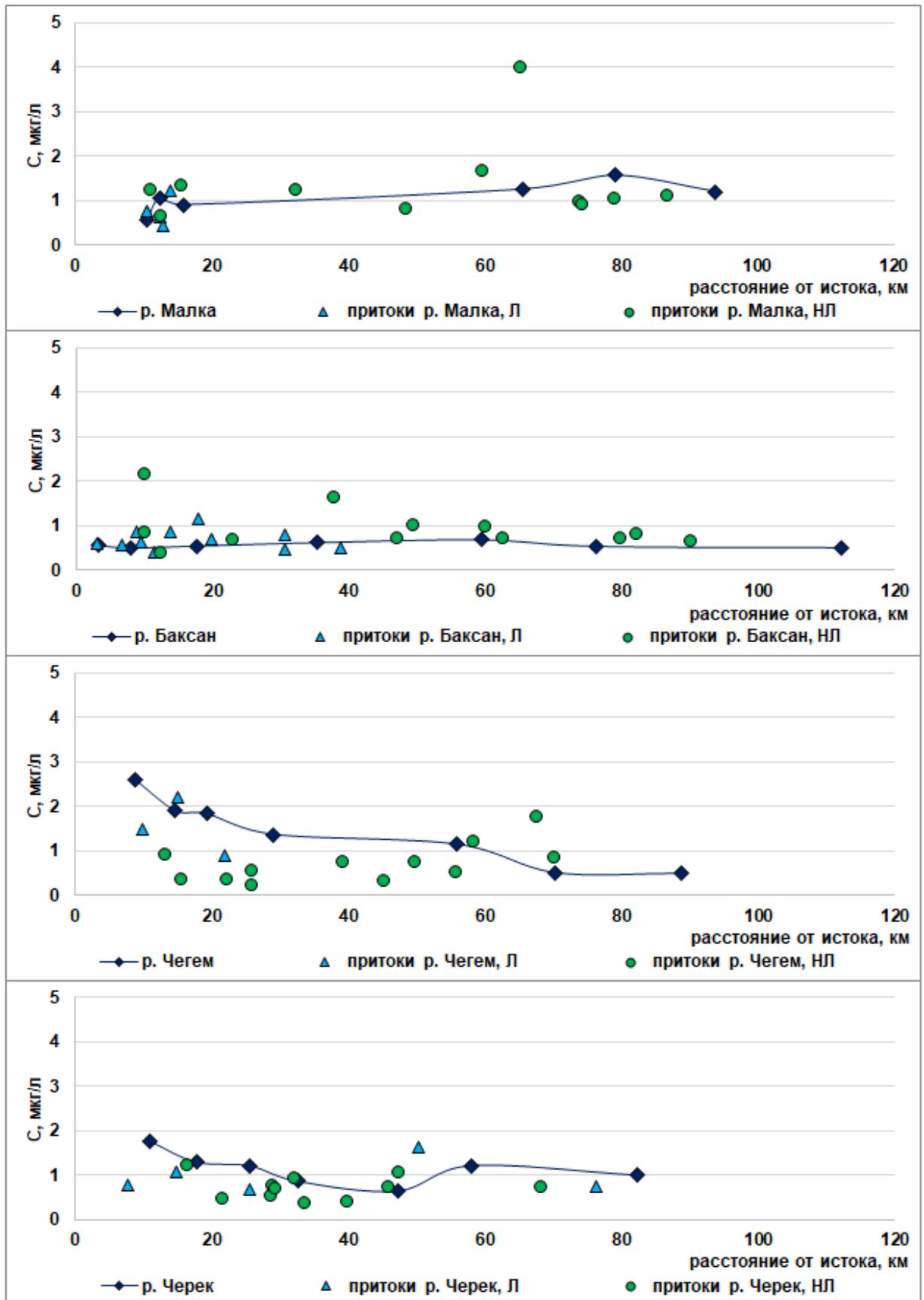


Рисунок 4.9 – Изменение концентраций C_1 по течению в основных реках КБР и содержание C_1 в их ледниковых (\blacktriangle) и неледниковых (\bullet) притоках первого порядка

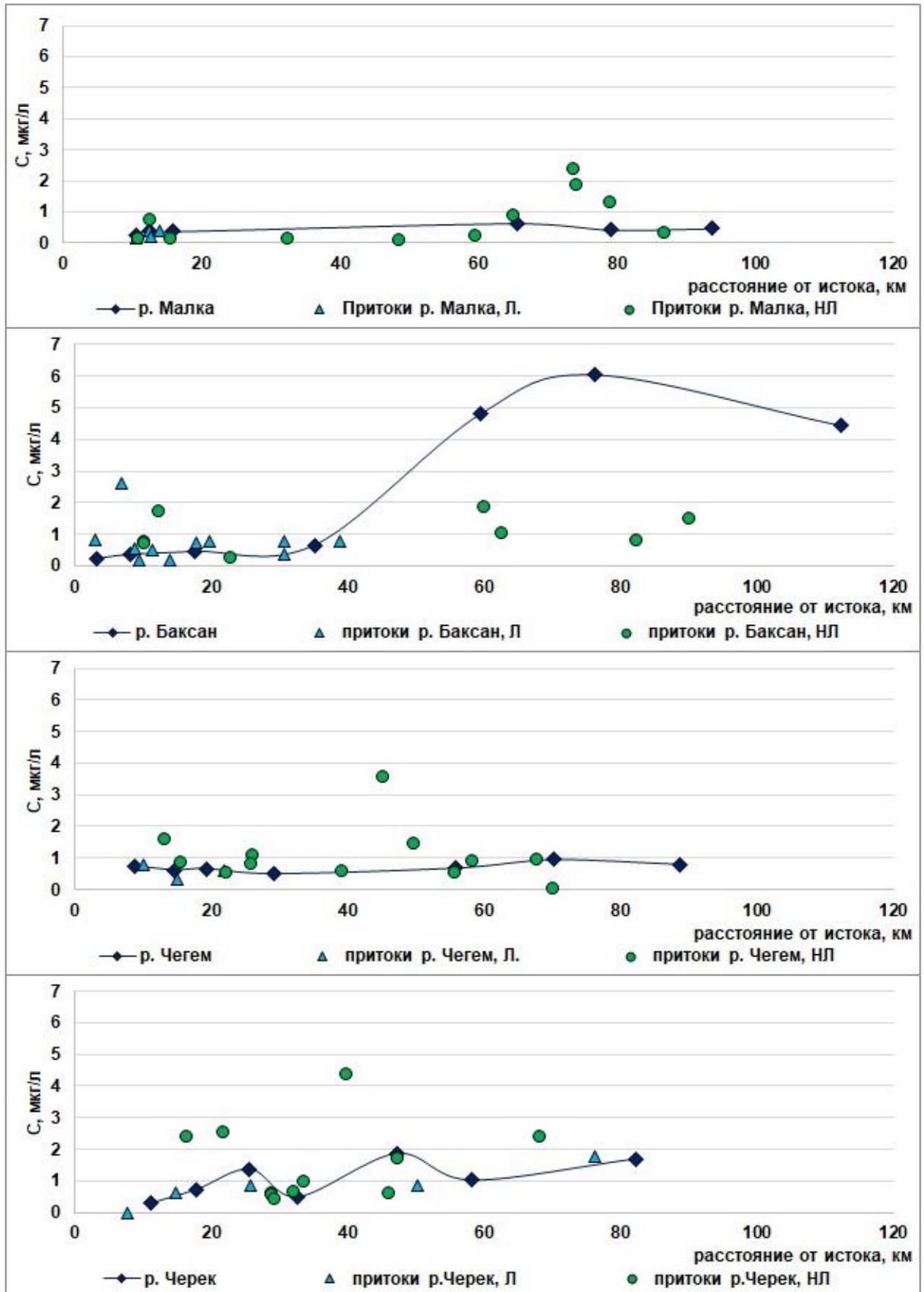


Рисунок 4.10 - Изменение концентраций Mo по течению в основных реках КБР и содержание Mo в их ледниковых (▲) и неледниковых (●) притоках первого порядка

Наименьшие средние по бассейну концентрации алюминия характерны для бассейна р. Черек, а максимальные — для р. Чегем. В бассейне Череха наибольшие концентрации алюминия отмечались во всех пунктах р. Черек и в крупнейших ледниковых притоках с пиком на 59-м км реки в районе с. Кашхатау, который связан с увеличением миграционной активности Al из-за изменения гидрохимических условий (резко увеличилось содержание сульфатов из-за притока карстовых вод) (Реутова и др., 2018а; Дреева и др., 2020). Максимальные концентрации в бассейне р. Баксан характерны для ледниковых рек, берущих начало со склонов Эльбруса и долины р. Адылсу. Река Чегем отличалась высоким содержанием Al на всем протяжении, однако по течению его концентрации постепенно снижались, а максимальные отмечались в верховьях р. Чегем и в ледниковых притоках высокогорной зоны. Хотя средние по бассейну концентрации в бассейне р. Малка совпадают с бассейном р. Черек, верхняя граница диапазона распределения концентраций как для всего бассейна, так и самой р. Малка ниже в 1,5-2,1 раза. Низкие концентрации Al в верхних створах рек Черек и Малка (относительно ниже расположенных створов), по-видимому, связаны с различиями в составе дренируемых горных пород на первых километрах от истоков (ГИС-пакеты..., 2022). Высокое содержание алюминия в некоторых водных объектах региона связано не только с поступлением его из дренируемых пород, но и с особенностями водной миграции алюминия (Перельман, 1990; Злобина и др., 2017).

В верховьях рек Черек и Чегем фиксируется скачок концентраций свинца до 8 мкг/л (рисунок 4.2), связанный с геохимическими особенностями дренируемых пород. Ниже по руслу этих рек значения концентраций свинца значительно (почти в 8 раз) снижаются и находятся на уровне (1-2 мкг/л) сравнимом с бассейнами рек Баксан и Малка. Для этого элемента также было выявлено закономерное уменьшение концентраций в водах главных рек горной части Кабардино-Балкарии от высокогорья к низкогорью, нарушаемое ростом концентраций в р. Малка в среднегорье, связанное с наличием в этой зоне геохимической аномалии.

Воды главных рек региона исследования всегда характеризуются довольно высоким содержанием цинка, превышающими значения ПДК_{рыб.хоз.} (Дреева и др., 2014; Реутова и др., 2020а). Средние концентрации цинка уменьшаются в направлении от Малки до Чегема, причем для р. Малка этот показатель почти в 2,5 раза выше, чем для реки Чегем. Но если в бассейне Баксана высоким содержанием Zn отличается большинство ледниковых притоков в зоне высокогорья, то в бассейнах Малки и Череха — это притоки подземного происхождения в среднегорье (рисунок 4.3). Для большинства пунктов в этих бассейнах среднесезонные концентрации находятся на уровне 1-5 ПДК_{рыб.хоз.}. В бассейне р. Чегем створов с содержанием цинка выше уровня ПДК_{рыб.хоз.} значительно меньше, причем в большинстве из них концентрации не более 20 мкг/л. В бассейне р. Чегем, как и р. Баксан, наиболее высокие концентрации отмечались в высокогорье в ледниковых реках зоны формирования Чегема. Общей закономерностью почти для всех главных рек является хаотичное распределение цинка по течению с изменением концентраций в пределах до 80 мкг/л, которая нарушается небольшим снижением содержания цинка от истока к устью в реке Чегем.

Медь также отличается повышенными концентрациями в большинстве водных объектов (рисунок 4.4). В бассейне Малки наименьшие концентрации Cu оказались характерны для ледниковых и подземных вод зоны формирования р. Малка, а наибольшие — в среднегорно-низкогорной зоне. В бассейне р. Баксан уровни содержания Cu заметно выше, как диапазон средних концентраций, так и средняя концентрация по бассейну. Большая часть пунктов с высоким содержанием Cu находится в высокогорье: ледниковые реки в бассейне р. Адылсу и зоне формирования р. Баксан, а также несколько родников. В среднегорной части бассейна высокие концентрации отмечались в пунктах, расположенных в зоне активной хозяйственной деятельности. В бассейне р. Чегем максимальные значения были в крупных притоках подземного питания в среднегорной зоне, в истоках р. Чегем и ледниковых притоках в высокогорье. Минимальные и средние для бассейна р. Чегем в целом концентрации оказались близки по значениям с р.

Черек, но максимальные для бассейна концентрации выше в бассейне Чегема. В бассейне Череха четких закономерностей в распределении Cu по высотным зонам не наблюдалось. Стабильно высоким содержанием меди отличался только один пункт на р. Черек в среднегорной зоне (с. Кашхатау).

Для всех бассейнов горных рек Кабардино-Балкарии характерны следовые количества Ag и Cd , которые близки к нижнему пределу определения (рисунки 4.5 и 4.6), поэтому говорить об однозначных закономерностях распределения этих элементов на данном этапе исследования нельзя. Хотя на отдельных притоках прослеживается небольшое влияние пород на площади водосбора на содержание Ag , распределение серебра и кадмия в водах главных рек по течению также относительно равномерно с небольшими диапазонами концентраций и не связано с влиянием отдельных источников.

По средним для бассейна в целом концентрациям марганца и диапазону колебаний его концентраций по течению исследуемые реки, за исключением р. Чегем, оказались очень близки (рисунок 4.7). В бассейне Малки наибольшие концентрации отмечались в ледниковых реках, формирующих р. Малка, но здесь обнаружены наименьшие для всей территории значения концентраций. Превышения ПДК_{рыб.хоз.} здесь отмечалось только в 3 пунктах наблюдений. По бассейну р. Чегем отмечались максимальные для всей территории значения концентраций марганца, с превышением ПДК_{рыб.хоз.} в 40% створов, большинство из которых находятся на ледниковых реках зоны формирования р. Чегем. В бассейне р. Баксан пункты с максимальными значениями среднемноголетних концентраций также находятся в приледниковой зоне на первых километрах по течению рек. Максимальные концентрации в бассейне р. Черек были в самой реке Черек в высокогорной и среднегорной зонах, а также в небольших притоках подземного происхождения в межгорной котловине в зоне перехода от высокогорья к среднегорью. Характерной особенностью распределения марганца во всех главных реках горной части Кабардино-Балкарии оказалась тенденция к снижению концентраций от высокогорья к низкогорью. Как было указано ранее в третьей главе, все наибольшие значения концентраций марганца в речных водах связаны с

поступлением в них выше по течению минеральных вод, характеризующихся экстремально высоким содержанием марганца.

Никель в водах исследуемых бассейнов распределен относительно равномерно, несмотря на единичные случаи высоких концентраций (рисунок 4.8). Данная закономерность сохраняется как при переходе от высокогорья к низкогорью, так и при сравнении ледниковых рек с неледниковыми. Немного выше относительно прочих бассейнов концентрации никеля в бассейне р. Баксан, как в самом Баксане, так и его основных притоках. Увеличения или уменьшения концентраций никеля по течению в реках Малка, Баксан, Чегем и Черек не отмечается, они варьируют примерно в одинаковых пределах.

В реках Малка, Баксан и Черек хром по течению распределен примерно равномерно, и его концентрации варьируют в пределах от 0,25 до 0,75 мкг/л (р. Баксан) и от 0,5 до 1,5 мкг/л (реки Малка и Черек). Исключением является содержание хрома в р. Чегем, характеризующееся более широким диапазоном изменения концентраций Cr по течению (от 0,4 до 3,1 мкг/л), и при этом проявлением тенденции к снижению концентраций от верхнего к нижнему створу (рисунок 4.9).

При изучении распределения молибдена в реках горной части Кабардино-Балкарии ясно прослеживается влияние как природных, так и антропогенных источников его поступления. Если резкий рост концентраций на 60-м км р. Баксан (рисунок 4.10) связан с наличием выше по течению объектов ТВМК, то в р. Черек он связан с поступлением карстовых вод и родниковых вод, дренирующих осадочные породы с высоким содержанием молибдена, выходы которых расположены в осевой зоне Скалистого хребта. Та же закономерность отмечается в бассейне р. Чегем, но в меньшей степени, т.к. в этом бассейне нет мощных источников карстовых вод, подобных озеру Цериккель, характеризующегося стабильно повышенным содержанием молибдена. Наименьшие концентрации молибдена среди исследуемых бассейнов характерны для бассейна р. Малка. Здесь только в одном пункте концентрации достигают уровня, типичного для всех других бассейнов. Следует заметить, что наиболее часто повышенные и высокие

концентрации молибдена отмечаются именно в неледниковых потоках как в зоне высокогорья, так и в среднегорно-низкогорной зоне. Распределение молибдена от высокогорья к низкогорью подчинено главным образом влиянию естественных и антропогенных источников его поступления и характеризуется как относительно равномерное по течению главных рек. Эта закономерность нарушается резким ростом концентраций молибдена в р. Баксан в среднегорной зоне, что связано с влиянием антропогенного источника загрязнения (ТВМК и его объекты).

Анализ полученных данных позволил выявить особенности пространственного распределения микроэлементов в горных реках КБР, в результате чего микроэлементы были объединены в две группы.

Первая группа включает микроэлементы (алюминий, марганец, свинец), имеющие тенденцию к снижению концентраций от высокогорья к низкогорью. Эта тенденция нарушается резким повышением в реке Черек концентрации алюминия в одном пункте, связанным с изменением гидрохимических условий миграции, в реке Малка – повышением концентраций свинца в средне- низкогорной зоне, обусловленным наличием геохимической аномалии.

Вторая, подавляющая по составу группа включает микроэлементы (молибден, никель, хром, медь, цинк, серебро, кадмий) хаотично распределённые по руслу рек. Такое распределение нарушается уменьшением по течению концентраций хрома и цинка в р. Чегем, увеличением концентраций молибдена в р. Баксан (влияние ТВМК и его объектов) и меди в р. Малка (поступление с притоками).

ГЛАВА 5. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ГОРНЫХ РЕК КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ НА ПРИМЕРЕ БАСЕЙНА Р. БАКСАН

Река Баксан является одной из главных водных артерий Кабардино-Балкарской Республики и испытывает значительную антропогенную нагрузку от зоны формирования до устья (Cherkasova et al., 2022), а достаточно высокий уровень содержания микропримесей отмечается для целого ряда водных объектов бассейна даже в пределах Национального парка «Приэльбрусье» (Реутова и др., 2020в; Реутова и др., 2022б). Именно поэтому оценка загрязненности микроэлементами, приведенная в данной главе, проводилась для речных вод бассейна р. Баксан, а ее результаты были опубликованы в виде статьи (Дреева и др., 2019а).

На территории бассейна водосбора р. Баксан находится известное Тырнаузское месторождение, богатое не только вольфрамом и молибденом, но и другими сопутствующими элементами, в том числе золотом, платиной, мышьяком, медью, висмутом, цинком и др. (Письменный и др., 2013). После прекращения деятельности комбината осталось несколько локальных источников техногенного загрязнения р. Баксан микроэлементами с различными классами опасности: два хранилища отходов переработки, отвалы вскрышных пород, сток дренажных вод из шахты подземного рудника, а также два открытых карьера (Хаустов, 2016). При этом по берегам Баксана и его притоков, постоянно проживает почти 140 тыс. чел., а в высокогорной части бассейна реки находится крупная зона рекреации, которую в год посещают десятки тысяч туристов. В том числе и в непосредственной близости от хвостохранилища ТВМК, испытывая при этом его скрытое влияние (Реутова и др., 2017в; Reutova et al., 2022). Для водоснабжения населенных пунктов используются как подземные, так и поверхностные источники воды, а около 3000000 м³ сточных вод ежегодно без должной очистки снова попадают в Баксан (Доклад..., 2017). В рамках государственного мониторинга наблюдение за качеством воды и оценка загрязненности р. Баксан ведётся только по 4 створам, а

состав притоков не контролируется вообще, хотя некоторые из них вносят существенный вклад в формирование химического состава р. Баксан (Reutova et al., 2018b). Исходя из вышеизложенного, оценку загрязненности микроэлементами было решено провести именно на примере бассейна реки Баксан.

Для сравнения качества природных вод в отдельных реках, а также выявления характерных загрязнителей и основных источников загрязнения проведена оценка загрязненности микроэлементами поверхностных вод бассейна реки Баксан на основе общепринятой методики РД 52.24.643-2002 с использованием свободного перечня №3, который позволяет использовать любой набор ингредиентов (РД 52.24.643-2002..., 2002). Для расчета использовались данные о микроэлементном составе природных вод в 2013-2017 годах в 7 створах р. Баксан от высокогорья до зоны выхода реки на предгорную равнину (от 4-го до 113-го километра по течению), а также в устьевых створах одиннадцати наиболее крупных правых и левых притоков р. Баксан ледникового и подземного происхождения (рисунок 5.1). Пробы отбирались в период весеннего половодья и летнего паводка, так как именно в этот период наиболее активно происходит процесс выщелачивания элементов с территории бассейна водосбора.

В результате проведенной оценки были получены некоторые показатели загрязненности, вынесенные в таблицу 5.1: удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) S' , коэффициент запаса k , учитываемый при классификации качества воды, и влияющие на k критические показатели загрязненности (КПЗ), класс и разряд качества воды, а также характерные загрязнители, для которых превышение $ПДК_{рыб.хоз.}$ отмечается в ≥ 50 % проб. Номера пунктов отбора проб на карте (рисунок 5.1) и по тексту соответствуют номерам пунктов наблюдения в таблице 5.1. В столбце 3 таблицы 5.1 для притоков указана длина реки Баксан от истока до места впадения притока.

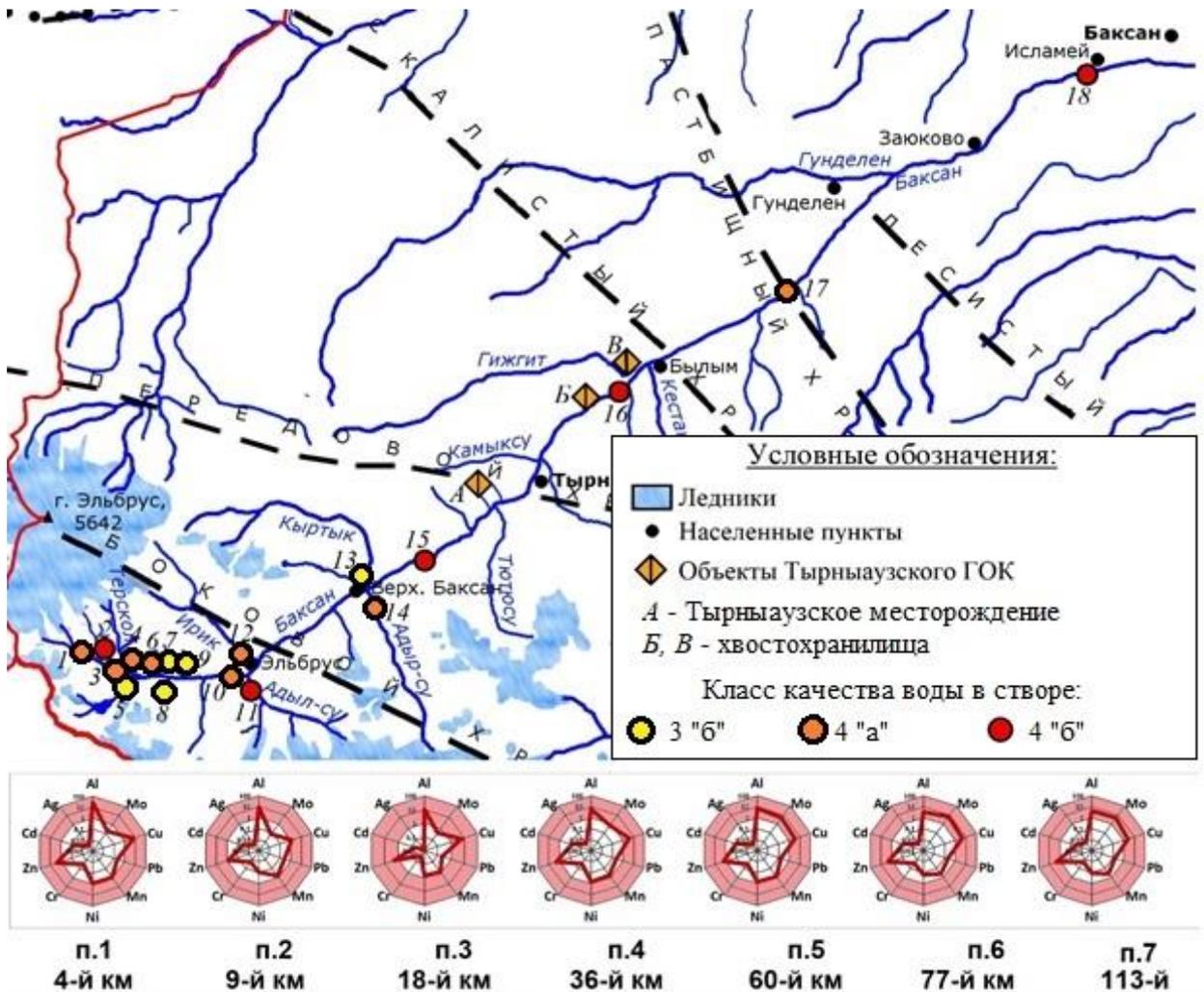


Рисунок 5.1 - Загрязненность бассейна р. Баксан микроэлементами и кратность превышения наиболее жестких ПДК в пунктах отбора на р. Баксан. Пункты наблюдения: 1 – р. Баксан, 4-й км; 2 – р. Гарабаши; 3 – р. Баксан, 9-й км; 4 – р. Терскол; 5 - р. Донгуз-Орун; 6 – верхний руч. Иткол; 7 – нижний руч. Иткол; 8 – р. Когутай; 9 – вдп. Байдаево; 10 – р. Баксан, 18-й км; 11 – р. Адылсу; 12 – р. Ирик; 13 – р. Кыртык; 14 – р. Адырсу; 15 – р. Баксан, 36-й км; 16 – р. Баксан, 60-й км; 17 – р. Баксан, 77-й км; 18 – р. Баксан; А – Тырныаузское месторождение; Б – старое хвостохранилище; В – новое хвостохранилище (Былымское озеро).

Таблица 5.1 - Загрязненность р. Баксан и ее притоков микроэлементами (*курсивом* выделены притоки р. Баксан)

№ пункта	Пункт наблюдения	Расстояние от истока, км	S	k/КПЗ	Класс кач-ва	Характерные загрязнители
1	2	3	4	5	6	7
1	Р. Баксан (Азау)	3,3	4,15	0,9/Al	4 «а»	Al, Cu, Zn
2	<i>Р. Гарабаши, Л</i>	6,8	4,85	<i>0,8/Al, Mo</i>	4 «б»	<i>Al, Cu, Zn, Mo</i>
3	Р. Баксан	8,13	3,67	0,9/Al	4 «а»	Al, Cu, Zn
4	<i>Р. Терскол, Л</i>	8,8	4,38	<i>0,9/Al</i>	4 «а»	<i>Al, Cu, Zn, Mo</i>
5	<i>Р. Донгуз-Орун, П</i>	9,41	3,06	<i>0,9/Al</i>	3 «б»	<i>Al, Cu, Zn</i>
6	<i>Руч. Иткол (верхний), Л</i>	10,20	4,32	<i>0,9/Al</i>	4 «а»	<i>Al, Cu, Zn</i>
7	<i>Руч. Иткол (нижний), Л</i>	10,3	3,28	<i>0,9/Al</i>	3 «б»	<i>Al, Cu, Zn</i>
8	<i>Р. Козутай, П</i>	11,4	3,89	<i>1/-</i>	3 «б»	<i>Al, Cu, Zn</i>
9	<i>вдп. Байдаево. Л</i>	12,5	3,58	<i>1/-</i>	3 «б»	<i>Al, Cu, Zn, Mo</i>
10	Р. Баксан	17,7	4,13	0,9/Al	4 «а»	Al, Cu, Zn
11	<i>Р. Адылсу, П</i>	17,9	4,89	<i>0,8/Al, Zn</i>	4 «б»	<i>Al, Cu, Zn, Mo, Mn</i>
12	<i>Р. Ирик, Л</i>	19,8	4,52	<i>0,9/Al</i>	4 «а»	<i>Al, Cu, Zn, Mn</i>
13	<i>Р. Кыртык, Л</i>	30,6	3,22	<i>0,9/Al</i>	3 «б»	<i>Al, Cu, Zn</i>
14	<i>Р. Адырсу, П</i>	30,7	4,08	<i>0,8/Al, Zn</i>	4 «а»	<i>Al, Cu, Zn, Mo</i>
15	Р. Баксан	35,3	4,82	0,8/Al, Mo	4 «б»	Al, Cu, Zn
16	Р. Баксан	59,4	5,24	0,8/Al, Mo	4 «б»	Al, Cu, Zn, Mo
17	Р. Баксан	76,2	4,13	0,9/Mo	4 «а»	Al, Cu, Zn, Mo
18	Р. Баксан	112,3	4,84	0,8/Al, Mo	4 «б»	Al, Cu, Zn, Mo

Л – левый приток, П – правый приток.

Основными загрязнителями для реки Баксан по результатам расчетов частных оценочных баллов с превышением уровня ПДК_{рыб.хоз.} в 50 % проб и более оказались Al и Cu, причем это характерно не только для всех створов по основному руслу, но и для всех притоков, однако уровень загрязнения несколько отличается. Загрязненность медью во всех пунктах характеризуется как «средняя», в то время как в 28 % створов отмечается «высокий» уровень загрязненности алюминием, а в остальных – «средний». При этом по разным пунктам средние концентрации за исследуемый период (C_{cp}) составляют от 1,8 до 21,5 ПДК_{рыб.хоз.} по алюминию, а по меди достигают уровня 2,4-9,1 ПДК_{рыб.хоз.}. Наибольшие C_{cp} алюминия наблюдались

в реках, берущих начало на склонах Эльбруса (Азау (№1) – 700 мкг/л, Терскол (№4) – 860 мкг/л, Гарабаши (№2) – 568 мкг/л), а в прочих створах - от 70 до 400 мкг/л.

Абсолютный максимум содержания алюминия за период наблюдения был отмечен в 4-м пункте летом 2016 года и достигал почти 4146 мкг/л. Среднемноголетние концентрации Cu образуют относительно однородный ряд от 3,3 до 5,3 мкг/л. Несколько отличаются минимальное (2,4 мкг/л – нижний ручей Иткол (№7)) и два максимальных (6,1 и 9,1 мкг/л в 13-м и 5-м пунктах наблюдений соответственно) значения C_{cp} , но разница столь невелика, что выделить отдельные объекты, вносящие вклад в загрязнение реки Баксан медью, невозможно. Абсолютный максимум содержания Cu был отмечен в мае 2013 года в водах р. Донгуз-Орун (43,1 мкг/л), но больше такие высокие концентрации в этом створе не наблюдались. Следует также отметить, что во многих пробах 2013 года регистрировались значительно более высокие концентрации меди, нежели при отборах в последующие годы, хотя такая вариабельность состава речных вод считается нормой (Никаноров, 2008).

Еще одним характерным загрязнителем по всем пунктам наблюдения с «низким» (в 11,1% створов) и «средним» уровнем загрязненности является Zn , среднемноголетние концентрации которого находятся в диапазоне 1,1-3,6 ПДК_{рыб.хоз.}. Типичным является содержание цинка на уровне 14-26 мкг/л. Выше характерных для региона концентраций оказалось содержание Zn в двух правых притоках р. Баксан ледникового происхождения – р. Адылсу (№11) и р. Адырсу (№14) (3,6 и 3,1 ПДК_{рыб.хоз.} соответственно). Именно в этих реках отмечались и максимальные за период наблюдений концентрации – 161,6 и 173,3 мкг/л. На уровне 2-2,5 ПДК_{рыб.хоз.} находятся C_{cp} цинка в левых ледниковых притоках Баксана, которые берут начало на склонах Эльбруса и его отрогов (реки Гарабаши (№2), Терскол (№4), Ирик (№12) и Кыртык (№13)), в то время как еще один объект с повышенным содержанием Zn (верхний ручей Иткол (№6)) имеет подземное происхождение. При этом, для нижнего ручья Иткол (характерны наименьшие значения среднемноголетних концентраций цинка – 11,1 мкг/л.

Молибден имеет особое для региона значение и также относится к характерным загрязнителям в 50 % створов на р. Баксан и её притоках, хотя загрязненность этим тяжелым металлом наблюдается почти во всех пунктах отбора проб (кроме р. Донгуз-Орун) на уровнях от «низкого» (11 пунктов) и «среднего» (р. Гарабаши (№2) и р. Когутай (№8)) до «экстремально высокого» (36-113 км р. Баксан). Источники его поступления в воды Баксана имеют как антропогенное (дренажные воды, отвалы, хвостохранилища ТГОК), так и природное (подземные воды) происхождение (Реутова и др., 2018б). Так, влияние антропогенных источников прослеживается в створах на 60-м, 77-м и 113-м км, расположенных ниже города Тырныауз. Здесь на 50-м км в Баксан впадает его левый приток р. Камыксу, в который поступают дренажные воды из рудника «Молибден» (Гурбанов и др., 2017), с содержанием Мо от 14 до 220 мкг/л в разные сезоны. В самих дренажных водах Тырныаузского месторождения среднее содержание молибдена находится на уровне 700 мкг/л (Хаустов, 2012). Однако основными поставщиками Мо являются небольшие временные водотоки Большой и Малый Мукуланы, протекающие по рудным карьерам «Высотный» и «Мукуланский» и впадающие в р. Баксан выше г. Тырныауз. В этих водотоках содержание молибдена отмечалось на уровне 1263 и 730 мкг/л, что составило абсолютный максимум не только для бассейна р. Баксан, но и для всей территории Кабардино-Балкарии с 2012 года. С другой стороны, в высокогорной части бассейна во многих притоках подземного происхождения отмечаются концентрации выше $\text{ПДК}_{\text{рыб.хоз.}}$, и превышающие типичные для района уровни содержания (0,4-1,1 мкг/л) в несколько раз. Так, в вдп. Девичьи косы содержание Мо достигает 5,7 мкг/л, в родниковом ручье в ущелье р. Терскол – 4 мкг/л, в вдп. Байдаево – 2,9 мкг/л, а в родниках в ущелье Адылсу – около 2,5 мкг/л.

Значения концентраций на уровне $\text{ПДК}_{\text{рыб.хоз.}}$ или немного превышающие его были характерны и для марганца, хотя он проявил себя как характерный загрязнитель только в реках Ирик (№12) и Адылсу (№11), протекающих в зоне тектонического разлома и в бассейнах которых располагаются множественные выходы на дневную поверхность углекислых минеральных вод, обогащенных

железом и марганцем (Балкаров, Балкарова, 1983). В трех створах наблюдения превышения ПДК_{рыб.хоз.} по марганцу не были отмечены ни разу, а в остальных пунктах отбора превышения ПДК_{рыб.хоз.} носили спорадический характер, но уровни загрязненности сильно различались. В 9 створах загрязненность характеризовалась как «низкая», а в 6 – как «средняя». Максимальные значения среднееголетних концентраций марганца отмечены в верхнем ручье Иткол (23,2 мкг/л), хотя такой высокий уровень C_{cp} сложился за счет очень высокого разового содержания Mn в этом пункте наблюдений (152,8 мкг/л в 2013 г.). При последующих отборах концентрации марганца здесь были не более 13,5 мкг/л. Типичным для исследуемых рек являлись среднееголетние значения концентраций в диапазоне от 4 до 11 мкг/л. К обедненным марганцем объектам относятся нижний ручей Иткол и вдп. Байдаево, где C_{cp} не превышали 2 мкг/л.

Последний элемент, оказавший влияние на качество вод реки Баксан и ее притоков – никель. Превышения норм содержания Ni в исследуемых водах были разовыми, однако они достигали уровня более 4 ПДК_{рыб.хоз.}. Особенно выделились пробы в июле 2016 г, когда превышение ПДК_{рыб.хоз.} отмечалось в > 60% проб. Максимальные значения концентраций за период наблюдений были отмечены именно в это время в устье реки Терскол. В целом, загрязненность никелем характеризуется как «неустойчивая» с «низким» (пункты 3 и 7) и «средним» (12 пунктов) уровнями загрязнения. В пунктах наблюдений, где превышения ПДК_{рыб.хоз.} за исследуемый период не отмечались (5-й, 13-й, 17-й и 18-й), типичными оказались среднееголетние концентрации никеля на уровне от 1,1 до 1,5 мкг/л.

Прочие определяемые нами элементы (серебро, хром, кадмий, свинец) в исследуемых пробах содержались в количествах намного ниже уровня наиболее жестких ПДК по каждому из компонентов, а иногда и ниже предела определения, поэтому можно считать, что эти элементы не оказали влияния на качество р. Баксан, хотя и являются высокотоксичными.

Наибольшие значения удельного комбинаторного индекса загрязненности воды были отмечены в пунктах отбора на р. Баксан на 36-м, 60-м и 113-м

километрах (4,82, 5,24 и 4,84 соответственно) (таблица 5.1), а также в высокогорных ледниковых притоках – р. Гарабаши (4,85) и р. Адылсу (4,89). Если река Баксан в нижних створах оказалась загрязнена в результате антропогенной деятельности (последствия разработки Тырнаузского месторождения), то загрязнение притоков носит природный характер. В р. Гарабаши, которая полностью свободна от антропогенной нагрузки, характерные загрязнители поступают с талыми потоками с ледника Гарабаши на склоне Эльбруса (Керимов и др., 2011) и мощным выходом подземных вод с большим расходом воды (вдп. Девичьи Косы), в котором часто наблюдается превышение ПДК_{рыб.хоз.} по нескольким металлам (Al, Cu, Mo). На реке Адылсу расположено несколько турбаз и палаточных лагерей, которые функционируют только в летний период, но даже тогда не бывают заполнены. При этом в ущелье встречается множество выходов минеральных и пресных подземных вод, в которых часто отмечаются повышенные концентрации некоторых микроэлементов (Реутова и др., 2016). Несколько отличался от прочих исследованных объектов створ, расположенный на р. Донгуз-Орун в районе поляны Чегет, являющейся центром туризма на протяжении нескольких десятилетий. УКИЗВ в этом пункте наблюдений заметно ниже прочих (3,06), что позволяет считать этот объект наименее загрязненным микроэлементами. Следует отметить, что весь бассейн р. Донгуз-Орун характеризуется низкими значениями концентраций большинства рассматриваемых нами микроэлементов почти во всех пунктах (Дреева и др., 2016). Все прочие пункты оказались довольно близки по значениям УКИЗВ (3,22-4,52). В соответствии с классификацией, предлагаемой методикой, исследуемые воды относятся к «очень загрязненным» (3 «б») и «грязным» (4 «а»), однако наличие одного или двух критических показателей загрязненности для большинства пунктов влияет на итоговую характеристику загрязненности. На общем фоне выделяются еще два объекта – р. Когутай и р. Байдаево, в которых отсутствуют КПЗ. Во всех прочих пунктах в качестве КПЗ выступает Al, к которому иногда добавляется Mo или Zn. Молибден изменяет класс качества воды в нижних створах р. Баксан на 36-м, 60-м и 113-м км и в р. Гарабаши, а цинк – в реке Адылсу. С

учетом коэффициентов запаса k , воды в пунктах наблюдений стали относиться к 3 «б» - 4 «б» классам качества. Так, пункты 2, 11, 15, 16 и 18, где отмечались наибольшие значения УКИЗВ, стали относиться к 4 «б» классу, а в пункте наблюдения 3, расположенном на 9-м км р. Баксан, класс качества воды изменился с 3 «б» на 4 «а». По итогам проведенной оценки наиболее загрязненными тяжелыми металлами оказались воды реки Баксан на 36-м, 60-м и 113-м километрах, р. Адылсу и р. Гарабаши с качественной характеристикой «грязные», а наименее – р. Донгуз-Орун («очень загрязненные»).

Таким образом, превышения ПДК_{рыб.хоз.} в бассейне р. Баксан отмечаются по нескольким элементам – алюминию, меди, цинку, молибдену, марганцу и никелю. Воды реки Баксан во всех пунктах наблюдения оказались «грязными». Характерными загрязнителями с различным уровнем загрязненности по всем пунктам оказались алюминий, медь и цинк, а в нижних створах добавился молибден. В притоках воды оказались «очень загрязненными» и «грязными», а перечень характерных загрязнителей включает 5 тяжелых металлов (Al, Cu, Zn, Mo, Mn). Критическим показателем загрязненности, способным изменить класс качества воды, почти во всех исследуемых водотоках оказался алюминий. В некоторых пунктах в качестве КПЗ дополнительно выступают молибден или цинк. Источники загрязнения вод реки Баксан и ее основных притоков имеют как антропогенное, так и природное происхождение, причем в некоторых случаях природные источники загрязнения сопоставимы по степени воздействия с антропогенными.

ГЛАВА 6. СОЗДАНИЕ КАРТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РЕКАХ ГОРНОЙ ЧАСТИ КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ

6.1. Картографирование гидрохимической информации

Материалы диссертационного исследования, представленные в этом разделе, были опубликованы автором (Дреева и др., 2018а; Реутова и др., 2019а).

Водные объекты горной части Кабардино-Балкарии отличаются своеобразным гидрохимическим составом и повышенными концентрациями ряда компонентов (Дреева и др., 2018б; Реутова и др., 2018а). Большое разнообразие факторов, влияющих на состав вод, приводит к значительным отличиям в химическом составе горных рек Кабардино-Балкарской Республики не только в разных природных зонах, но и на небольшой территории, что вызывает необходимость вести регулярные наблюдения для выявления закономерностей формирования их состава. Накопление большого объема гидрохимической информации, приводит к необходимости отобразить её наглядными способами, легко воспринимаемыми как узкими специалистами, так и широким кругом заинтересованных подобной информацией людей.

Стандартными способами графического представления гидрохимической информации являются графики и диаграммы, однако они больше подходят для отображения временной или пространственной динамики состава вод, когда количество данных не очень большое, или рассматриваются данные о составе вод в отдельных пунктах наблюдения или водных объектах. Для представления информации о распределении одного или нескольких компонентов в различных (по происхождению или типу питания) водных объектах на большой территории наиболее наглядным является представление в виде карт или карт-схем, когда на одном рисунке при помощи различных средств изображения (точечные, линейные и площадные объекты, штриховка, фон, изолинии и др.) можно отобразить большой объем информации, неоднородной по характеру. Однако при подобных способах изображения возникают определенные сложности: выбор наиболее «правильных» способов изображения, группировка или наоборот, разделение

объектов по различным параметрам. При этом жестких правил построения гидрохимических карт не существует, что приводит к отсутствию единообразия в их оформлении и индивидуальному подходу в зависимости от поставленных перед исследователями задач. В любом случае, построение гидрохимических карт стоит начинать с выделения и картографирования отдельных зон, которые характеризуются разными уровнями содержания той или иной примеси, или же какой-либо иной характеристики. Это позволит выявить в дальнейшем типичные/атипичные водные объекты или загрязнение в них.

В настоящее время существует множество программных продуктов и цифровых пакетов, которые можно использовать для создания изображений и карт, как простейших графических пакетов (Paint, GIMP, CorelDRAW и др.), так и специализированных геоинформационных систем (gvSIG, MapInfo, ArcGIS и др.). Одной из наиболее доступных и простых в использовании является геоинформационная система Golden Software Surfer 8, которая является отраслевым стандартом построения графических изображений функций двух переменных. Она позволяет не только строить различные типы карт и проводить простейший анализ данных, но и создавать цифровые модели поверхности по неравномерно распределённым в пространстве данным при помощи заложенных в неё алгоритмов интерполяции. Считается, что наиболее часто используемый при этом метод Криге идеально подходит для представления данных во всех науках о Земле. Разработано множество пособий для обучения работе в этой программе, позволяющих самостоятельно научиться строить карты и цифровые модели (Силкин, 2008; Самылова и др., 2007). Кроме того, было выполнено несколько работ, направленных на изучение возможности создания специализированных карт с использованием Golden Software Surfer (Клеерова, Ланько, 2011; Салихова, 2017; Манаев, Вильданов, 2017; Позднякова и др., 2018). Однако картографирование гидрохимической информации имеет свои особенности. Так, при попытке отображения состава вод в двух близко расположенных пунктах отбора проб на водных объектах, которые сильно различаются по составу из-за различий в условиях формирования (например, река ледникового происхождения и

родниковый ручей), значения могут не только накладываться друг на друга, но и взаимно исказить общую картину распределения примеси, что не позволит выявить существующие закономерности. В связи с этим было решено изучить возможности картографирования гидрохимических данных в ГИС Golden Software Surfer 8 при помощи различных встроенных инструментов и алгоритмов интерполяции данных.

Для успешной работы в программе Golden Software Surfer 8 необходимо было собрать первичную базу данных по содержанию различных примесей в исследуемых водах. Для этого была использована программа Excel, в которой были собраны сведения о каждой исследованной пробе воды (время и место отбора, гидрохимические и гидрологические показатели, содержание примесей и др.), пунктах отбора проб и водных объектах, на которых они расположены (бассейн водосбора, вид водного объекта, тип питания и происхождение водотока, местоположение, количество и даты отборов проб. Каждому пункту был присвоен идентификационный номер, который в дальнейшем использовался при построении карт. Далее, для каждой пробы были внесены сведения о зафиксированных содержаниях различных примесей. Подобная структура базы данных позволила в дальнейшем при минимальных затратах времени с помощью простейших встроенных инструментов выбирать необходимые сведения при реализации конкретной задачи для статистической обработки или переноса данных в рабочий лист (*.dat) программы Golden Software Surfer 8, необходимый для последующего построения сеточного файла (*.grd) или точечной карты.

Для построения пробных гидрохимических карт были использованы данные по содержанию алюминия в природных водах, так как концентрации этого элемента имеют большой диапазон колебаний в разных пунктах и выявлены точные закономерности в его распределении (Реутова и др., 2018в). При этом использовались средние концентрации за период с 2014 по 2017 гг. При построении каждой из карт использовался тот или иной набор первичных данных, необходимый для решения конкретной задачи.

Наиболее простым вариантом представления информации в программе Surfer являются точечные карты. Они бывают двух видов – простые и

классифицированные. Простые используются при нанесении на карту-основу пунктов отбора проб (рисунок 6.1), а классифицированные – когда при помощи различных маркеров наносят несколько типов объектов (рисунок 6.2). При этом можно самостоятельно устанавливать границы диапазонов значений Z-координаты, на основе которой выделяются классы объектов. Классифицированные точечные карты удобно использовать при создании карт уровней загрязненности или классов качества воды в большом количестве пунктов наблюдения. При создании точечных карт мы использовали данные обо всех пунктах наблюдения. Этот способ изображения полезен для быстрого нанесения фактических данных на карту, однако у него есть и свои минусы. Маркеры, отмечающие близко расположенные пункты наблюдения, зачастую сливаются или перекрывают друг друга.

Второй большой группой карт, создаваемых с использованием программы Surfer, являются сеточные карты (контурные, векторные, каркасные и др.), для которых предварительно необходимо создать сеточный файл (.grd). При построении сетки используются различные методы интерполяции, позволяющие создать регулярный массив данных на основе имеющихся неравномерно распределенных значений XYZ-координат. Каждый из методов создает сетку в соответствии с собственным алгоритмом, поэтому итоговые карты могут сильно отличаться друг от друга. Для получения адекватных результатов при создании сетки, необходимо закладывать в качестве исходных максимально однородные данные, но однородные не по численным значениям X, Y или Z координаты, а по набору факторов, оказывающих влияние на значение Z. Кроме того, чем больше будет исходных данных и чем равномернее они будут распределены, тем точнее будет созданный сеточный файл. Поэтому для построения пробных карт распределения алюминия в природных водах мы использовали данные о содержании алюминия только в реках ледникового происхождения.



Рисунок 6.1 - Карта-схема пунктов отбора проб в водных объектах Кабардино-Балкарии (точечная карта, наложенная на основу - карту гидрографической сети)

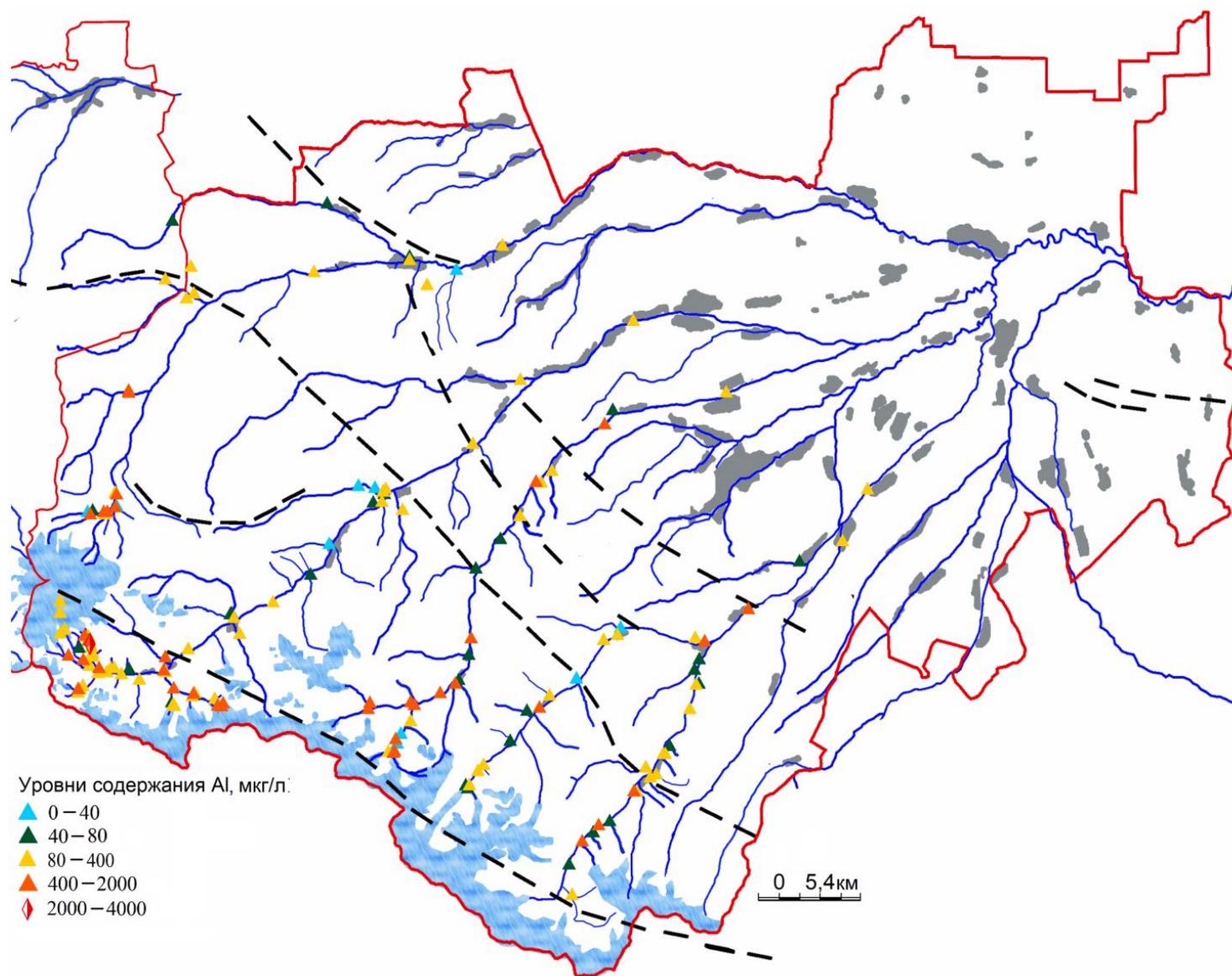


Рисунок 6.2 - Распределение алюминия в природных водах горной части Кабардино-Балкарии (точечная карта с выделением пяти классов пунктов отбора в зависимости от уровня содержания алюминия в каждом пункте)

При построении сеточного файла нами были использованы наиболее распространенные в науках о Земле методы интерполяции – метод естественной окрестности («Natural Neighbor») (рисунок 6.3А), метод кригинга («Kriging») (рисунок 6.3Б), триангуляция с линейной интерполяцией («Triangulation with Linear Interpolation») (рисунок 6.3В) и метод обратных расстояний («Inverse Distance to a Power») (рисунок 6.3Г).

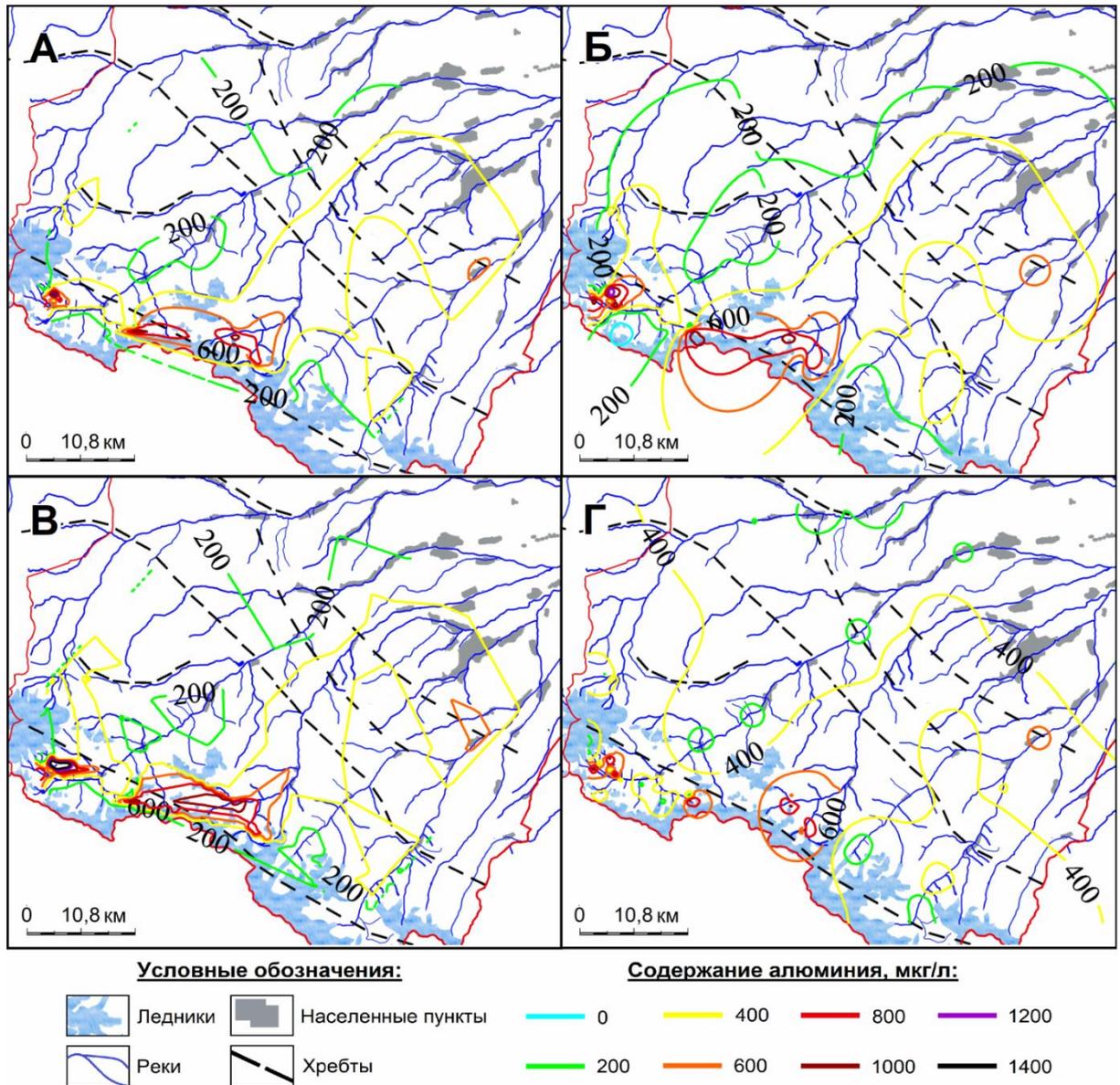


Рисунок 6.3 - Распределение алюминия в реках ледникового происхождения (контурные карты, построенные при помощи различных методов интерполяции данных (А - Natural Neighbor; Б – Kriging; В - Triangulation with Linear Interpolation; Г - Inverse Distance to a Power))

Наиболее удачным нам кажется использование методов кригинга и естественной окрестности, с помощью которых были получены сходные изображения. Однако при использовании метода кригинга изолинии строятся до границ прямоугольника, которые можно установить искусственно, а при использовании метода естественной окрестности они не выходят за границы многоугольника, которые проведены через внешние точки исследуемой территории.

6.2. Карты распределения микроэлементов в водах горных рек Кабардино-Балкарии

В основе раздела «Карты распределения микроэлементов в водах горных рек Кабардино-Балкарии» лежат материалы, опубликованные автором (Дреева и др., 2019б; Реутова и др., 2019а). На основе собранных в 2012-2017 гг. материалов были построены карты распределения нескольких микроэлементов (Al, Cu, Zn, Mn) в водах рек горной части Кабардино-Балкарской Республики. В зависимости от среднеголетних значений было выделено 5 зон пространственного распределения микроэлементов в реках горной зоны Кабардино-Балкарии. Диапазоны концентраций для каждой зоны были определены на основе шкалы оценки уровня загрязненности поверхностных вод, часто используемой в эколого-геохимическом картографировании (Кочуров и др., 2009), в соответствии с кратностью превышения ПДК_{рыб.хоз.} в следующих границах для каждого элемента: «допустимое» содержание - менее 1 ПДК_{рыб.хоз.}, «незначительно повышенное» - до 2 ПДК_{рыб.хоз.}, «повышенное» - до 5 ПДК_{рыб.хоз.}, «высокое» - до 10 ПДК_{рыб.хоз.} и «экстремально высокое» - более 10 ПДК_{рыб.хоз.}.

Для элементов, содержание которых в большинстве случаев не превышает ПДК_{рыб.хоз.}, было выделено еще 5 подзон в диапазоне от 0 до 1 ПДК_{рыб.хоз.} с шагом, соответствующим 0,2 ПДК_{рыб.хоз.}.

При построении карт распределения алюминия большая часть ледниковых рек оказалась в зоне с повышенным и высоким уровнем содержания алюминия (более 80 мкг/л) (рисунок 6.4А). При этом зоны максимального содержания

алюминия приходится на районы формирования рек Малка, Баксан и Черек Балкарский, а также на протяжении всего течения р. Чегем. Иначе выглядит карта распределения алюминия в реках неледникового происхождения. Здесь около 40 % территории попало в зону с уровнем содержания алюминия не более 80 мкг/л (рисунок 6.4Б).

На карте распределения меди (рисунок 6.5) видно, что большая часть территории находится в зоне с содержанием Cu от 2 до 5 мкг/л, как для ледниковых вод (рисунок 6.5А), так и для неледниковых (рисунок 6.5Б). При этом максимумы отмечаются в обоих случаях в верховьях бассейна р. Баксан, а также в бассейнах его правых притоков р. Адылсу и р. Адырсу. Кроме того, высокое содержание меди отмечается в водах рек неледникового происхождения в районе Нижнечегемского вулканического плато (бассейн р. Чегем). Наиболее низкий уровень содержания меди оказался характерен для зоны истока р. Малка и р. Чегем в низкогорье.

Заметны сильные различия и в распределении марганца в водах различного происхождения (рисунок 6.6). Если в реках неледникового происхождения марганец распределен довольно равномерно и на уровне не выше 10 мкг/л (рисунок 6.6Б), то для ледниковых рек выделяется 2 зоны с более высоким уровнем содержания марганца (от 10 до 50 мкг/л). В западную попадают истоки р. Малка, а в восточную — территория от р. Баксан до р. Черек Балкарский (рисунок 6.6А).

Около 50 % территории попадает в зону с высоким содержанием цинка как для ледниковых рек, так и неледниковых (рисунок 6.7А и 6.7Б). Низкий уровень содержания цинка характерен для неледниковых притоков р. Чегем в среднегорно-низкогорной зоне и самой реки Чегем ниже этих притоков. Наиболее высокий уровень содержания цинка (более 50 мкг/л) отмечался в водах ледникового и неледникового происхождения в верховьях бассейна р. Черек Безенгийский, а также в верхнем течении левых притоков р. Малка в среднегорной зоне.

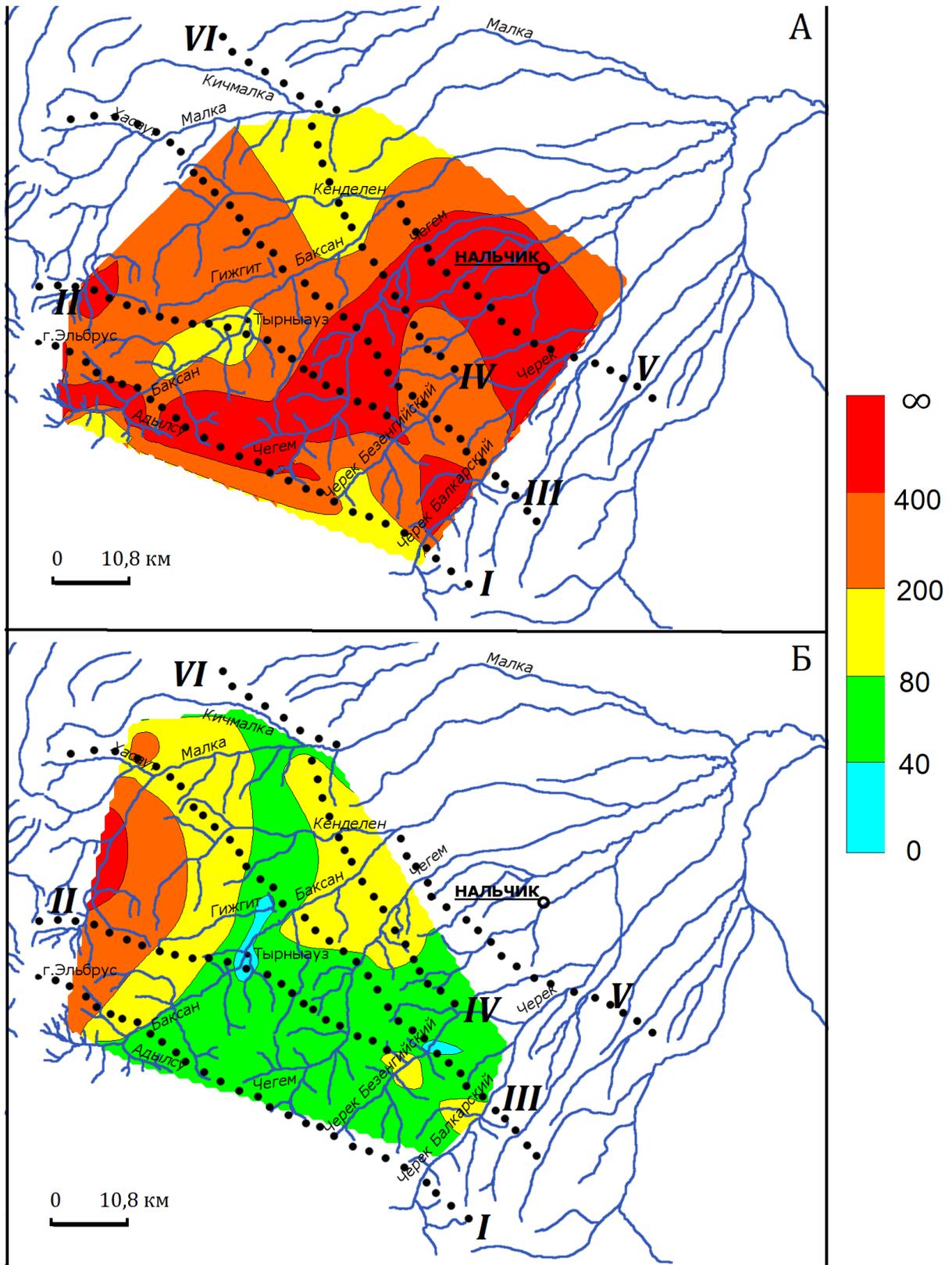


Рисунок 6.4 - Карта распределения алюминия в горных реках Кабардино-Балкарии ледникового (А) и неледникового (Б) происхождения. I – Боковой хребет; II – Передовой хребет; III – Скалистый хребет; IV – Пастбищный хребет; V – Лесистый хребет; VI – Джинальский хребет

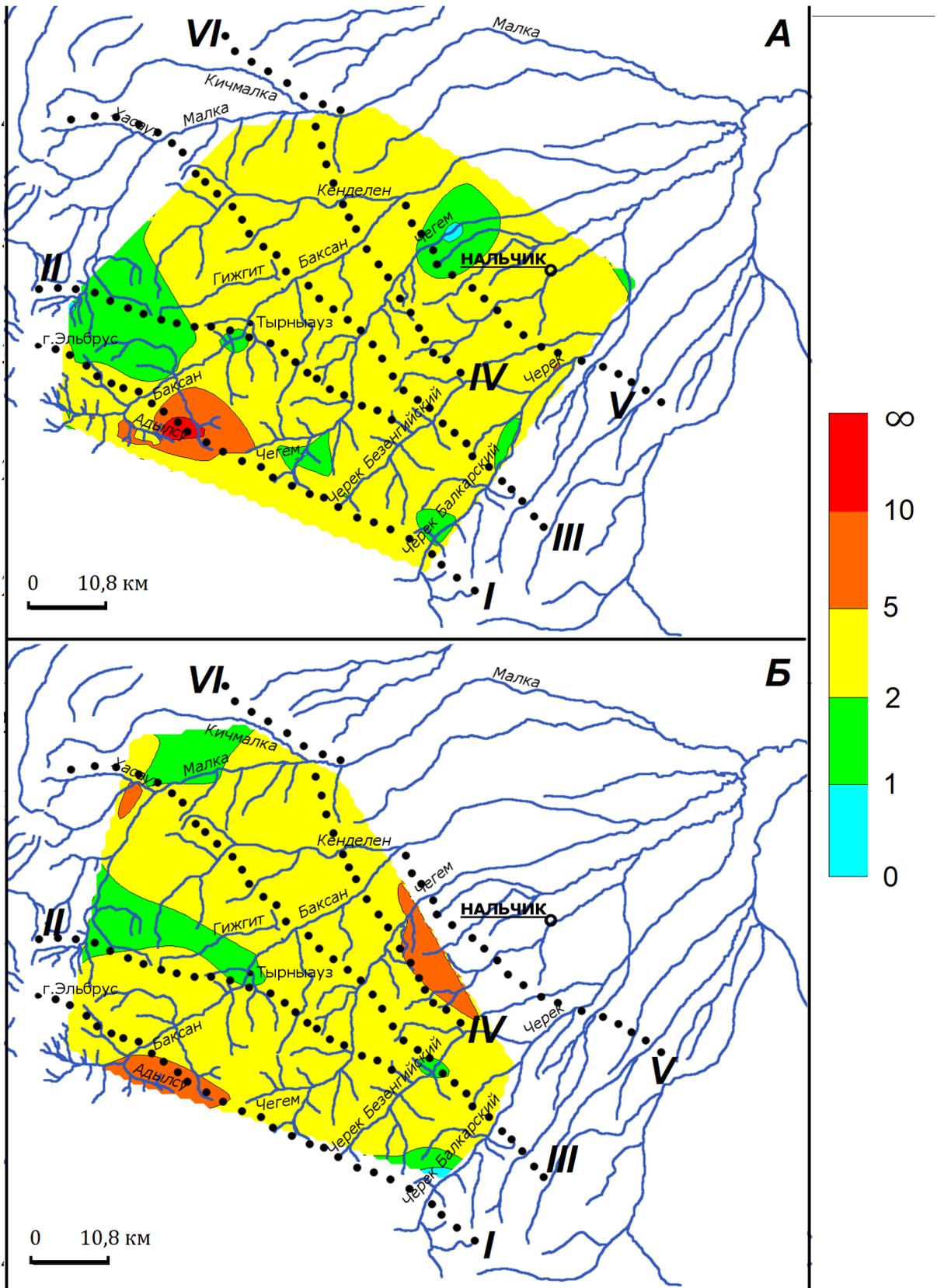


Рисунок 6.5 - Карта распределения меди в горных реках Кабардино-Балкарии ледникового (А) и неледникового (Б) происхождения. I – Боковой хребет; II – Передовой хребет; III – Скалистый хребет; IV – Пастбищный хребет; V – Лесистый хребет; VI – Джинальский хребет

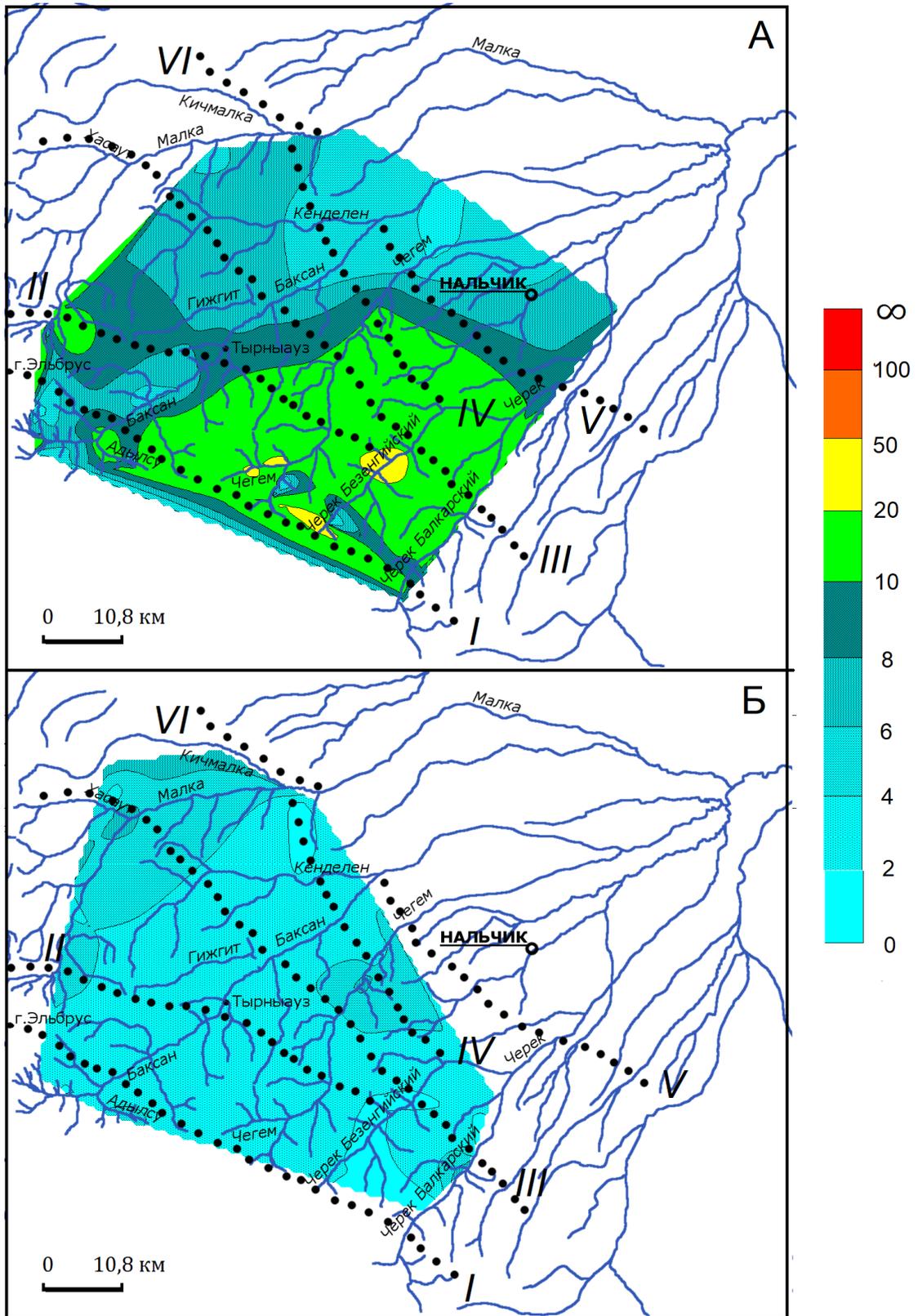


Рисунок 6.6 - Карта распределения марганца в горных реках Кабардино-Балкарии ледникового (А) и неледникового (Б) происхождения. I – Боковой хребет; II – Передовой хребет; III – Скалистый хребет; IV – Пастбищный хребет; V – Лесистый хребет; VI – Джинальский хребет

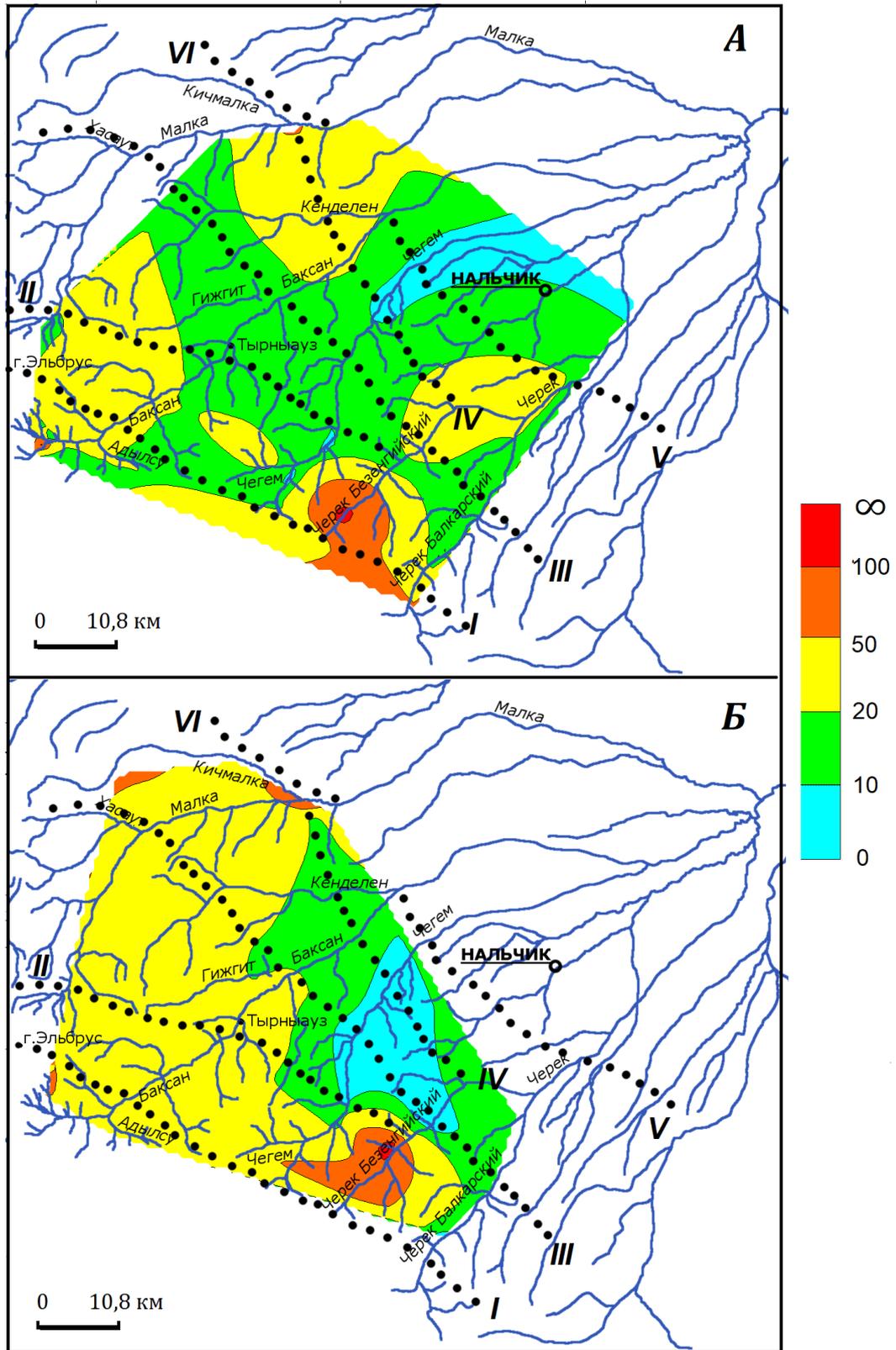


Рисунок 6.7 - Карта распределения цинка в горных реках Кабардино-Балкарии ледникового (А) и неледникового (Б) происхождения. I – Боковой хребет; II – Передовой хребет; III – Скалистый хребет; IV – Пастбищный хребет; V – Лесистый хребет; VI – Джинальский хребет

Полученные карты не являются прогностическими, а позволяют обратить внимание на отдельные зоны, где необходимо проводить более детальные обследования, а также выявлять некоторые закономерности при более подробном картировании, для чего нужно привлекать дополнительные средства и инструменты геоинформационного анализа.

Таким образом, опробование различных методов построения карт, отображающих сведения о микроэлементном составе рек, показало, что при составлении в программе Golden Software Surfer карт распределения микроэлементов в реках горной части Кабардино-Балкарской Республики, которые формируются в сложных условиях под влиянием множества факторов, но при этом расположены на компактной территории, должны быть использованы индивидуальные подходы. Необходимо строить отдельные карты для каждого типа водных объектов либо использовать разные средства изображения и их сочетания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования был получен большой массив фактических данных о содержании 10 микроэлементов в водах рек горной зоны Кабардино-Балкарской Республики, что позволило выявить ряд значимых закономерностей в их распределении в речных водах в целом по региону и для отдельных речных бассейнов. В связи со стабильно высокими уровнями содержания некоторых микроэлементов, было решено провести оценку загрязненности рек горной территории Кабардино-Балкарии микроэлементами на примере реки Баксан на основе существующей методики, что позволило определить характерные загрязняющие вещества, оказывающие влияние на качество речных вод в бассейне, а также выявить ряд точечных источников загрязнения вод реки Баксан естественной и антропогенной природы, которые сопоставимы друг с другом по степени оказываемого воздействия. Построенные на основе полученных данных карты распределения микроэлементов в речных водах могут послужить основой для проведения дальнейших исследований, в рамках которых планируется не только расширить регион исследования, но и увеличить плотность сети отбора проб, расширить список определяемых примесей и определять содержание нескольких форм их нахождения в природных водах (различные фракции растворимых форм, валовое содержание, взвешенное вещество и донные отложения), а также проведение подробной геохимической съемки, что в комплексе позволит выявить закономерности не только при формировании состава природных вод горных территорий, но и в миграции веществ при взаимодействии «вода-порода», что является одним из приоритетных направлений фундаментальных исследований.

Проведенные исследования позволяют сформулировать следующие основные выводы:

1. Основным природным источником поступления микроэлементов (Al, Cu, Zn, Cr, Cd, Ag, Ni) в реки горной части КБР являются дренируемые горные породы, слагающие бассейны водосбора. Заметный вклад в распределение микроэлементов

в горных реках вносят отдельные источники пресных и минеральных подземных вод. В качестве индикаторных элементов для некоторых пресных источников выступают Mo, Zn, для минеральных - Mn, Zn, Cu, Cr, Ni. Антропогенное влияние на микроэлементный состав рек связано с поступлением Mo от ТВМК и его отдельных объектов.

2. Поверхностные воды горной зоны Кабардино-Балкарской Республики значительно обогащены микроэлементами относительно среднего состава речных вод мира (Mo до 730 раз; Ag до 27 раз; Al до 24 раз; Ni до 13,6 раз; Zn до 7 раз; Pb до 6,5 раз; Mn до 4,5 раз; Cr до 4 раз; Cu до 1,8 раз). При этом, воды главных рек КБР отличаются по уровням содержания микроэлементов. Река Малка обогащена марганцем (до 38 мкг/л) и имеет наиболее низкие концентрации молибдена (не более 0,6 мкг/л). В р. Баксан относительно других рек отмечаются максимальные концентрации никеля (до 25 мкг/л), молибдена (до 6,1 мкг/л) и меди (до 6,5 мкг/л) и наименьшие - марганца (не более 9,2 мкг/л). Воды р. Чегем наиболее обогащены алюминием (до 920 мкг/л). В главных реках концентрации хрома, свинца, цинка, кадмия и серебра близки по значениям.

3. По выявленным особенностям пространственного распределения микроэлементов в горных реках КБР от высокогорья к низкогорью выделено две группы. *Первая* группа включает микроэлементы (алюминий, марганец, свинец), имеющие тенденцию к снижению концентраций от высокогорья к низкогорью. Эта тенденция нарушается резким повышением в реке Черек концентрации алюминия в одном пункте, связанным с изменением гидрохимических условий миграции, в реке Малка – хаотичным распределением свинца по течению, обусловленным наличием геохимической аномалии. *Вторая*, подавляющая по количеству элементов, группа включает микроэлементы (молибден, никель, хром, медь, цинк, серебро и кадмий) имеющие хаотичное распределение по течению.

4. Воды рек бассейна р. Баксан по загрязнённости микроэлементами относятся к «очень загрязнённым» (3 «б») и «грязным» (4 «а» и 4 «б»). К числу характерных загрязнителей относятся Al, Cu, Zn, Mo, Mn. Источниками природного загрязнения речных вод бассейна р. Баксан в высокогорье служат притоки 2-го порядка

подземного происхождения (водопад Девичьи косы на склоне Эльбруса). Источниками антропогенного загрязнения являются реки и ручьи, расположенные в зоне деятельности ТВМК. При этом природные источники загрязнения по степени воздействия сопоставимы с антропогенными.

5. Особенности горных рек КБР, имеющих разный тип питания, формирующихся в сложных условиях под влиянием множества факторов, но при этом расположенных на компактной территории, требуют применения индивидуальных подходов при картографировании данных о содержании микроэлементов в программе Golden Software Surfer. Основным является построение отдельных карт для каждой группы рек или сочетание разных средств изображения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алита С. Л. Качественная оценка уровня природного содержания соединений тяжелых металлов в бассейнах рек Малка, Урух, Черек, Чегем / С. Л. Алита, Ф. А. Атабиева, Е. А. Чередник, А. С. Отарова // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2021. – № 5. – С. 97-111. – DOI 10.35567/1999-4508-2021-5-7. – EDN IWUMDF.

Атабиева Ф. А. Пространственно-временная изменчивость уровня содержания соединений тяжелых металлов в воде рек Малка и Баксан / Ф. А. Атабиева, Е. А. Чередник, А. С. Отарова // Наука. Инновации. Технологии. – 2021. – № 3. – С. 119-132. – DOI 10.37493/2308-4758.2021.3.8

Атлас Кабардино-Балкарской Республики / Под ред. Бураева Р. А. – М.: Федеральная служба геодезии и картографии России, 1997. – 43 с.

Бакаева Е. Н. Пространственная характеристика содержания тяжелых металлов в реках Баксан и Черек (Кабардино-Балкарская Республика) / Б. Н. Бакаева, Ф. Р. Дреева, Л. З. Жинжакова // Новината за напреднали наука-2013 : Материали за IX международна научна практична конференция, София, 17–25 мая 2013 года. – София: «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2013. – С. 51-53.

Балкаров М. И. Курорт Нальчик и нарзаны Эльбруса / М. И. Балкаров, И. М. Балкарова. - Нальчик: Издательство «Эльбрус», 1983. – 188 с.

Балкаров М. И. Нарзаны Эльбруса / М. И. Балкаров, Н. А. Туаев. - Нальчик: Кабардино-Балкарское книжное издательство, 1960. - 99 с.

Беус А. А. Геохимия окружающей среды / А. А. Беус, Л. И. Грабовская, Н. В. Тихонова. - М.: «Недра», 1976. - 248 с.

Бураев Р. А. География Кабардино-Балкарской Республики / Р. А. Бураев, Л. З. Емузова. - Нальчик: Книга, 1998. - 269 с.

Винокуров С. Ф. Содержания, сезонные колебания и формы миграции макро- и микроэлементов в поверхностных водах в районе деятельности Тырнаузского вольфрамово-молибденового комбината (ТВМК) и прилегающих территорий (Кабардино-балкарская Республика) и меры по восстановлению экологической

среды / С. Ф. Винокуров, А. Г. Гурбанов, О. А. Богатилов, Б. С. Карамурзов, В. М. Газеев, А. Б. Лексин, А. В. Шевченко, С. М. Долов, З. И. Дударов. // Доклады Академии наук. – 2016. – Т. 467. – № 4. – С. 436. – DOI 10.7868/S0869565216100224.

Винокуров С. Ф. Экологические риски хранения отходов Тырныаузского вольфрамо-молибденового комбината и проблемы их комплексной утилизации / С. Ф. Винокуров, О. А. Богатилов, А. Г. Гурбанов, Б. С. Карамурзов, В. М. Газеев, А. Б. Лексин, А. В. Шевченко, С. М. Долов, З. И. Дударов, О. Д. Серегин, В. А. Сычкова. - Нальчик: Кабардино-Балкарский государственный университет, 2018. – 130 с.

Газаев Х. М. Исследование содержания микроэлементов Zn, Mn, Cu в водах горных рек с ледниковым питанием / Х. М. Газаев, Л. З. Жинжакова, Ф. А. Атабиева // Устойчивое развитие: проблемы, концепции, модели: Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 75-летию председателя ФГБНУ «Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук», доктора технических наук, профессора П.М. Иванова, Нальчик, 16–19 мая 2017 года. – Нальчик: Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук, 2017. – С. 127-129.

Гидрохимический бюллетень рек бассейнов Дона, Кубани, Терека. - Выпуск 10, 1967 г.

ГИС-пакеты оперативной геологической информации (ГИС-Атлас «Недра России») [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://atlaspacket.vsegei.ru/#5afdc4fb42d1c57455>.

Гордеев В. В. Речной сток в океан и черты его геохимии / В. В. Гордеев. - М.: Наука, 1983. - 160 с.

ГОСТ 17.1.5.05-85 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. - М.: Стандартинформ, 1986. - 12 с.

Государственный водный реестр. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.textual.ru/gvr/>.

Гриднев Г. Д. Краткая геологическая характеристика Северного Кавказа / Г.Д. Гриднев. // Гидрогеология СССР. Том IX. Северный Кавказ. - М.: Издательство «Недра», 1968. - С. 30-45.

Грязнов О. Н. Природные источники загрязнения природной и окружающей среды / О. Н. Грязнов // Известия Уральского государственного горного университета. – 2014. – № 2(34). – С. 11-18.

Гурбанов А. Г. Новые данные о геохимических особенностях вод реки Баксан района деятельности Тырныаузского вольфрамо-молибденового комбината (Кабардино-Балкарская Республика) / А. Г. Гурбанов, С. Ф. Винокуров, А. Б. Лексин, Л. Е. Цуканова, А. В. Шевченко, З. И. Дударов, О. А. Гурбанова. // Вестник Владикавказского научного центра. – 2017. – Т. 17. – № 1. – С. 46-57.

Дегтярев А.П. Особенности химического состава талых вод Эльбруса и реки Баксан / А. П. Дегтярев, В. В. Ермаков, В. А. Сафонов, В. Н. Данилова, У. А. Гуляева. // Двадцать первая международная конференция физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле: МАТЕРИАЛЫ ДВАДЦАТЬ ПЕРВОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Москва, Борок, 21–25 сентября 2020 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской Академии наук, 2020. – С. 64-67.

Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Кабардино-Балкарской Республики в 2016 году. - Нальчик: Издательская типография «Принт Центр», 2017. — 260 с.

Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Кабардино-Балкарской Республики в 2021 году. - Нальчик, 2022. - 225 с.

Доклад о экологической ситуации и природопользовании в Кабардино-Балкарской Республике в 2020 году. - Нальчик, 2021. - 215 с.

Доклад об экологической ситуации и природопользовании в Кабардино-Балкарской Республике в 2010 году. - Нальчик, 2011. - 208 с.

Доклад об экологической ситуации и природопользовании в Кабардино-Балкарской Республике в 2011 году. - Нальчик, 2012. - 195 с.

Доклад об экологической ситуации и природопользовании в Кабардино-Балкарской Республике в 2012 году. - Нальчик, 2013. - 283 с.

Доклад об экологической ситуации и природопользовании в Кабардино-Балкарской Республике в 2013 году. - Нальчик, 2014. - 287 с.

Доклад об экологической ситуации и природопользовании в Кабардино-Балкарской Республике в 2014 году. - Нальчик, 2015. - 311 с.

Доклад об экологической ситуации и природопользовании в Кабардино-Балкарской Республике в 2015 году. - Нальчик, 2016. - 321 с.

Доклад об экологической ситуации и природопользовании в Кабардино-Балкарской Республике в 2017 году. - Нальчик, 2018. - 291 с.

Докукин М. Д. Эволюция озёр у ледника Джикиуганкез (Северное Приэльбрусье) в 1957-2020 гг. с учётом подземных каналов стока / М. Д. Докукин, Е. А. Савернюк, М. Ю. Беккиев, Р. Х. Калов, А. В. Хаткутов // Лёд и снег. – 2022. – Т. 62. – № 1. – С. 47-62. – DOI 10.31857/S2076673422010115.

Дреева Ф. Р. Динамика содержания алюминия в основных реках Центрального Кавказа при изменении абсолютных высот / Ф. Р. Дреева, Н. В. Реутова, Т. В. Реутова // Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод: Сборник статей, посвященный 100-летию со дня образования Гидрохимического института, Ростов-на-Дону, 22–24 сентября 2020 года. Том Часть 1. – Ростов-на-Дону: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Гидрохимический институт», 2020. – С. 44-48.

Дреева Ф. Р. Динамика тяжелых металлов в гидрографической системе озера Донгуз-Орункель / Ф. Р. Дреева, Т. В. Реутова, Н. В. Реутова // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2016. – № 4(72). – С. 37-42.

Дреева Ф. Р. К вопросу о системе мониторинга водных ресурсов Кабардино-Балкарской Республики / Ф. Р. Дреева // Устойчивое развитие: проблемы, концепции, модели: Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 75-летию председателя ФГБНУ «Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук», доктора технических наук, профессора П. М. Иванова, Нальчик, 16–19 мая 2017

года. – Нальчик: Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук, 2017. – С. 129-132.

Дреева Ф. Р. Картографирование гидрохимической информации с использованием ГИС-технологий / Ф. Р. Дреева, Н. В. Реутова, Т. В. Реутова, А. М. Хутуев // *Фундаментальные и прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных информационных технологий: Материалы V Международной научно-практической конференции, Майкоп, 20–24 мая 2019 года. Том Часть 1.* – Майкоп: Индивидуальный предприниматель Кучеренко Вячеслав Олегович, 2019б. – С. 158-165.

Дреева Ф. Р. Микроэлементы в поверхностных водах на склонах Эльбруса / Ф. Р. Дреева, Н. В. Реутова, Т. В. Реутова // *Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН – 2023.* – 20. – С. 355–362 – DOI 10.31241/FNS.2023.20.046.

Дреева Ф. Р. Микроэлементы в природных водах Центрального Кавказа от высокогорной до низкогорной зоны / Ф. Р. Дреева, Н. В. Реутова, Т. В. Реутова, А. М. Хутуев // *Ландшафтная география в XXI веке: Материалы Международной научной конференции, Симферополь, 11–14 сентября 2018 года / Под редакцией Е. А. Позаченюк.* – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2018б. – С. 315-317.

Дреева Ф. Р. Основные результаты гидрохимических исследований в Центре географических исследований Кабардино-Балкарского научного центра / Ф. Р. Дреева, Н. В. Реутова, Т. В. Реутова, А. М. Хутуев, А. А. Керимов // *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН.* – 2021. – № 2(100). – С. 105-116. – DOI 10.35330/1991-6639-2021-2-100-105-116.

Дреева Ф. Р. Особенности содержания цинка в ледниковых реках Центрального Кавказа / Ф. Р. Дреева, Т. В. Реутова, Н. В. Реутова // *Водные ресурсы, экология и гидрологическая безопасность: Сборник трудов VIII Международной научной конференции молодых ученых и талантливых студентов, Москва, 25–27 июня 2014 года.* – Москва: Россельхозакадемия, 2014. – С. 118-121.

Дреева Ф. Р. Оценка загрязненности реки Баксан (Центральный Кавказ) и ее притоков микроэлементами / Ф. Р. Дреева, Н. В. Реутова, Т. В. Реутова // *Известия*

Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2019а. – № 5(91). – С. 38-46. – DOI 10.35330/1991-6639-2019-5-91-38-46.

Дреева Ф. Р. Превышение экологических норм содержания тяжелых металлов в природных водах высокогорной зоны Кабардино-Балкарской Республики / Ф. Р. Дреева, Н. В. Реутова, Т. В. Реутова, А. М. Хутуев, А. А. Керимов // Устойчивое развитие: проблемы, концепции, модели : Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 75-летию председателя ФГБНУ «Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук», доктора технических наук, профессора П. М. Иванова, Нальчик, 16–19 мая 2017 года. – Нальчик: Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук, 2017. – С. 132-134.

Дреева Ф. Р. Решение задач картографирования гидрохимической информации с помощью геоинформационной системы Surfer / Ф. Р. Дреева, Н. В. Реутова, Т. В. Реутова // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2018а. – № 5(85). – С. 12-17.

Дреева Ф. Р. Тяжелые металлы в озерах Кабардино-Балкарской Республики / Ф. Р. Дреева // Перспектива-2015: Материалы международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Нальчик, 24–27 апреля 2015 года. – Нальчик: Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, 2015. – С. 24-27.

Дьяченко В. В. Геохимия, систематика и оценка состояния ландшафтов Северного Кавказа / В. В. Дьяченко. - Ростов-на-Дону: Комплекс, 2004. - 268 с.

Ермаков В.В. Формирование биогеохимических аномалий в бассейне р. Баксан / В. В. Ермаков, С. Ф. Тютиков, А. П. Дегтярев, В. Н. Данилова, У. А. Гуляева, Д. Н. Догадкин // Геохимия. – 2020. – Т. 65. – № 10. – С. 955-968. – DOI 10.31857/S0016752520100064.

Жинжакова Л. З. Пространственное распределение концентраций токсичных металлов Ni, Cr, Cd и Pb в водах верхнего течения рек Черек и Чегем / Л. З. Жинжакова, Х. М. М. Газаев, Ф. А. Атабиева // Устойчивое развитие: проблемы, концепции, модели : Материалы Всероссийской конференции с международным

участием, посвященной 75-летию председателя ФГБНУ «Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук», доктора технических наук, профессора П.М. Иванова, Нальчик, 16–19 мая 2017 года. – Нальчик: Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук, 2017. – С. 149-152.

Жинжакова Л. З. Состав родниковых вод Кабардино-Балкарской Республики / Л. З. Жинжакова, Т. И. Воробьева, Е. А. Чередник // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2019. – № 5. – С. 40-48. - DOI: 10.35567/1999-4508-2019-5-3.

Зимницкий А. В. Приледниковые озера Большого Кавказа / А. В. Зимницкий. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. - 216 с.

Злобина, В. Л. Трансформация состава и свойств подземных вод при изменении окружающей среды / В. Л. Злобина, Ю. А. Медовар, И. О. Юшманов. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью «Издательство «Мир науки», 2017. – 191 с.

Информационная система «Почвенно-географическая база данных России» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://soil-db.ru/struktura-i-funkcionirovanie/dannye-inventarizaciya/dannye-po-territorii/respublika-kabardino-balkariya>

Керефов К. Н. Почвенные районы Кабардино-Балкарии и их сельскохозяйственные особенности / К. Н. Керефов, Б. Х. Фиапшев. - Нальчик, 1968. - 142 с.

Керимов А. М. Особенности поступления аэрозольных частиц в снежный покров путем вымывания и сухого осаждения в условиях высокогорья / А. М. Керимов, Н. В. Татаренко, З. М. Татаренко, О. А. Курашева // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 4. – С. 121-126.

Керимов А. М. Оценка качества поверхностных вод Приэльбрусья по содержанию металлов / А. М. Керимов, О. В. Рототаева // Междисциплинарные научные исследования в целях освоения горных и арктических территорий: Тезисы

докладов всероссийской конференции, Сочи, 24–29 сентября 2018 года. – Сочи: Институт географии РАН, 2018. – С. 67-71.

Керимов А. М. Распределение тяжёлых металлов в поверхностных слоях снежно-фирновой толщи на южном склоне Эльбруса / А. М. Керимов, О. В. Рототаева, И. Ф. Хмелевской // Лёд и снег. – 2011. – № 2(114). – С. 24-34.

Клеерова Л. Я. Функциональные возможности Golden Software Surfer, используемые при решении задач геофизики, геологии, геоэкологии: учебное пособие / Л. Я. Клеерова, А. В. Ланько; Иркутский национальный исследовательский технический университет. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2011. – 75 с.

Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций Al, Ba, Be, V, Fe, Cd, Co, Li, Mn, Cu, Mo, As, Ni, Pb, Se, Ag, Sr, Ti, Cr, Zn в пробах природных и сточных вод атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией с использованием атомно-абсорбционного спектрометра модификаций МГА-915, МГА-915М, МГА-915МД. ПНД Ф 14.1:2.253-09. (М 01-46-2013). - М., 2013. - 36 с.

Конгапшев А. А. Исследование реки Хазнидон на содержание катионов d- и f- элементов / А. А. Конгапшев, Л. Э. Кертиева, Т. М. Бетров, Р. Ч. Бажева, А. М. Хараев. // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2019. – Т. 13. – № 1. – С. 22-28. – DOI 10.31161/1995-0675-2019-13-1-22-28.

Кочуров Б. И. Геоэкологическое картографирование: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Б. И. Кочуров, Д. Ю. Шишкина, А. В. Антипова, С. К. Костовская; под ред. Б. И. Кочурова. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 192 с.

Крыленко И. Н. Морфология озера Сылтран (бассейн р. Баксан) и оценка его прорывоопасности / И. Н. Крыленко, В. В. Сурков, А. М. Тарбеева, И. В. Крыленко // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита: Труды Международной конференции., Пятигорск, 22–29 сентября 2008 года / Ответственный редактор С.С. Черноморец. – Пятигорск: Институт «Севкавгипроводхоз», 2008. – С. 305-308.

Кудерина Т. М. Геохимические особенности истоков рек Центрального Кавказа как основа для устойчивого развития регионов / Т. М. Кудерина, С. Б. Суслова // Охрана природы и региональное развитие: гармония и конфликты (к Году экологии в России) : Материалы международной научно-практической конференции и школы-семинара молодых ученых-степеведов «Геоэкологические проблемы степных регионов», проведённых в рамках XXI сессии Объединенного научного совета по фундаментальным географическим проблемам при Международной ассоциации академий наук (МААН) и Научного совета РАН по фундаментальным географическим проблемам, п. Партизанский Бузулукского района Оренбургской области, 01–05 октября 2017 года. – п. Партизанский Бузулукского района Оренбургской области: Институт степи Уральского отделения Российской академии наук, 2017. – С. 20-23.

Кузнецов И. Г. Озеро Церик-кель и другие формы карста в известняках Скалистого хребта на Северном Кавказе / И. Г. Кузнецов // Известия Государственного Русского географического общества. - 1928. - Т. 60. - Вып. 2. - С. 245-296.

Кутузов С. С. Пути дальнего переноса пыли на ледники Кавказа и химический состав снега на Западном плато Эльбруса / С. С. Кутузов, В. Н. Михаленко, М. Шахгеданова, П. Жино, А. В. Козачек, И. И. Лаврентьев, Т. М. Кудерина, Г. В. Попов // Лёд и снег. – 2014. – Т. 54. – № 3. – С. 5-15.

Кучменова И. И. Обобщение результатов многолетних исследований по изучению основных показателей солевого состава воды рек на территории Кабардино-Балкарского высокогорного заповедника / И. И. Кучменова, Н. Л. Фролова, Х. М. М. Газаев, Н. В. Кондратьева, Ф. А. Атабиева // Вода: химия и экология. – 2018. – № 10-12(117). – С. 109-118.

Кучменова И. И. Пространственно-временная изменчивость уровня содержания соединений тяжелых металлов в водных объектах Кабардино-Балкарского высокогорного государственного природного заповедника / И. И. Кучменова, Ф. А. Атабиева, Л. Е. Ефимова, Е. В. Терская // Водное хозяйство

России: проблемы, технологии, управление. – 2021. – № 6. – С. 43-56. – DOI 10.35567/1999-4508-2021-6-3.

Кюль Е. В. Геоэкологические исследования на территории Кабардино-Балкарской Республики за период с 2012 по 2018 годы. Том 1. Пространственные закономерности образования опасных экзогенных процессов / Е. В. Кюль, Е. А. Корчагина, Д. Р. Джаппуев – Нальчик: Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук, 2019. – 170 с.

Лаврищев В. А. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Скифская. Лист К-37 (Сочи), К-38 (Махачкала), К-39. Объяснительная записка / В. А. Лаврищев, А. А. Шейков, В. М. Андреев, В. М. Семенов, В. А. Ермаков, И. И. Греков, С. К. Шельтинг, В. С. Шишов, С. П. Неводниченко. – СПб: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2011. - 431 с.

Лаврушин В. Ю. Подземные флюиды Большого Кавказа и его обрамления / В. Ю. Лаврушин // Труды Геологического института. – 2012. – № 599. – С. 1-348.

Лутков Д. А. Морфология внутригорных котловин Центрального Кавказа / Д. А. Лутков // География и природные ресурсы. – 2009. – № 3. – С. 77-82.

Макрыгина В. А. Геохимия отдельных элементов: учебное пособие / В. А. Макрыгина. - Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2011. - 195 с.

Максимович А. Г. Основы карстоведения. Том 1. Вопросы морфологии карста, спелеологии и гидрогеологии карста / А. Г. Максимович – Пермь: Пермское книжное издательство, 1963. 445 стр.

Максимович Н. Г. Результаты комплексной экспедиции по исследованию голубого озера (Церик-кель) / Н. Г. Максимович, О. Ю. Мещерякова, А. Д. Деменев // Пещеры: Сборник научных трудов. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2017. – С. 25-36.

Манаев Э. Ф. Применение программной среды Golden software Surfer в создании контурной тематической карты / Э. Ф. Манаев, И. Р. Вильданов // Вестник магистратуры. – 2017. – № 2-2(65). – С. 26-28.

Марченко П. Е. Некоторые предварительные результаты анализа схода селя по реке Адылсу в Кабардино-Балкарской Республике 1 сентября 2017 года / П. Е. Марченко, М. М. Гяургиева, Д. Р. Джаппуев, А. А. Керимов // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа: Коллективная монография по материалам VII Всероссийской научно-технической конференции, Ессентуки, 06–09 декабря 2017 года. – Ессентуки: Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, 2017. – С. 393-403.

Матишов Г. Г. Аномалии свинца в альпийских ландшафтах бассейна реки малки (Кабардино-балкарская Республика) / Г. Г. Матишов, С. Г. Парада // Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии: Коллективная монография. Посвящена 70-летию доктора физико-математических наук, профессора, Заслуженного изобретателя Российской Федерации, Почетного деятеля науки и техники Российской Федерации, Заслуженного деятеля науки Республики Северная Осетия-Алания Заалишвили Владислава Борисовича, Владикавказ, 30 сентября – 02 октября 2019 года / Под редакцией А.В. Николаева, В.Б. Заалишвили. – Владикавказ: Геофизический институт Владикавказского научного центра Российской академии наук, 2019. – С. 744-748.

Матишов Г. Г. Природа геохимических аномалий свинца в альпийских ландшафтах на примере Зольского района Кабардино-Балкарской Республики / Г. Г. Матишов, С. Г. Парада // Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов: Материалы XIII Международной ландшафтной конференции: в 2 томах, Воронеж, 14–17 мая 2018 года. – Воронеж: Издательство Истоки, 2018. – С. 302-304.

Министерство курортов и туризма Кабардино-Балкарской Республики. Статистические данные [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://minturizm.kbr.ru/info/statisticheskie-dannye>.

Научно-популярная энциклопедия «Вода России». Малка. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://water-rf.ru/Водные_объекты/468/Малка.

Никаноров А. М. Гидрохимия: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Гидрология» / А. М. Никаноров. – 3-е изд., доп. – Ростов-на-Дону: НОК, 2008. – 462 с.

Панов В. Д. Река Терек: гидрография и режим стока / В. Д. Панов, А. А. Базелюк, П. М. Лурье. – Ростов-на-Дону: ООО «Донской издательский дом», 2015. – 606 с.

Панов В. Д. Эволюция современного оледенения Кавказа / В. Д. Панов. – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1993. – 430 с.

Парада С. Г. Закономерности размещения цветных и благородных металлов в пределах Малкинского ультрабазитового массива (Кабардино-Балкарская Республика) / С. Г. Парада // Геология и геофизика Юга России. – 2018. – №1. – С. 69-78. – DOI 10.23671/VNC.2018.1.11249.

Перельман А. И. Атомы – спутники / А. И. Перельман. - М.: Наука, 1990. - 176 с.

Перельман А. И. Геохимия / А. И. Перельман. - М.: Высшая школа, 1989. - 528 с.

Перельман А. И. Геохимия природных вод / А. И. Перельман. - М.: Наука, 1982. - 154 с.

Письменный А. Н. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000. Издание второе. Серия Кавказская. Лист К-38-II (Нальчик). Объяснительная записка / А. Н. Письменный, В. В. Терещенко, Р. В. Марченко, С. А. Попов, Л. А. Терещенко, П. В. Прокуронов, М. А. Маркус; под ред. Ю. А. Киричко, Н. Л. Энна. - М.: МФ «ВСЕГЕИ», 2021. - 170 с.

Письменный А. Н. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000. Издание 2-е. Серия Кавказская. Лист К-38-VIII, XIV (Советское). Объяснительная записка / А. Н. Письменный, В. В. Терещенко, В. А. Перфильев, Р. В. Марченко, С. А. Попов, Л. А. Терещенко, П. В. Прокуронов; под ред. Грекова И. И. - СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2002. - 190 с.

Письменный А.Н. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000 Издание второе Серия Кавказская. Лист К-38-I, VII

(Кисловодск) Объяснительная записка / А. Н. Письменный, А. Н. Пичужков, М. А. Зарубина, С. А. Горбачев, С. Н. Вертий, И. И. Греков, Ю. Н. Гамаса, Л. А. Терещенко; под ред. Н. Л. Энна. - М.: МФ ВСЕГЕИ, 2013. - 365 с.

Позднякова А. Д. Картирование участков сложной конфигурации в программе Surfer / А. Д. Позднякова, Л. А. Поздняков, О. Н. Анциферова // Бюллетень науки и практики. – 2018. – Т. 4. – № 5. – С. 239-247. – DOI 10.5281/zenodo.1246182.

Приказ Департамента Росгидромета по ЮФО и СКФО №12 от 02.02.2017 «Об утверждении Перечней стационарных пунктов наблюдений за состоянием окружающей среды, её загрязнением ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС», а также его филиалов (по состоянию на 1 января 2017 года)» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.yugmeteo.donpac.ru/export/sites/default/Observation/Order-12.pdf>.

Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13.12.2016 № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (с изменениями на 10 марта 2020 года)» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/420389120>.

Разумовский В. Л. Выявление долговременных геоэкологических изменений малых горных озер методами диатомового анализа (Западный и Центральный Кавказ): специальность 25.00.36 «Геоэкология (по отраслям)»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук / В. Л. Разумовский. – Москва, 2014а. – 25 с.

Разумовский В. Л. Оценка экологического состояния высокогорных озер Приэльбрусья по результатам диатомового анализа / В. Л. Разумовский // Водные ресурсы. – 2014б. – Т. 41. – № 2. – С. 200. – DOI 10.7868/S0321059614020114.

Разумовский В. Л. Формирование экосистемы карстового озера в Степном поясе гор Кавказа (диатомовый анализ) / В. Л. Разумовский // Аридные экосистемы. – 2014в. – Т. 20. – № 2(59). – С. 70-73.

РД 52.24.643-2002. Методические указания. Методика комплексной оценки и степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. - СПб.: Гидрометеиздат, 2002. - 49 с.

Реутова Н. В. Влияние рекультивированных хвостохранилищ горно-обогатительного комбината на цитогенетические показатели здоровых детей / Н. В. Реутова, Т. В. Реутова, Ф. Р. Дреева, А. А. Шевченко // Экология человека. – 2017в. – № 12. – С. 3-8. – DOI 10.33396/1728-0869-2017-12-3-8.

Реутова Н. В. Геоэкологические исследования на территории Кабардино-Балкарской Республики за период с 2012 по 2018 годы. Том 2. Пространственное распределение примесей в водах бассейнов главных рек Кабардино- Балкарской Республики / Н. В. Реутова, Т. В. Реутова, Ф. Р. Дреева – Нальчик: Изд-во КБНЦ РАН, 2019а. 170 с.

Реутова Н. В. Динамика содержания цинка в водах основных рек Центрального и Западного Кавказа в зависимости от абсолютной высоты расположения створов / Н. В. Реутова, Ф. Р. Дреева, Т. В. Реутова, А. М. Хутуев // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2020а. – Т. 14, № 1. – С. 106-111. – DOI 10.31161/1995-0675-2020-14-1-106-111.

Реутова Н. В. Микроэлементный состав водных объектов бассейна реки Адылсу / Н. В. Реутова, Ф. Р. Дреева, Т. В. Реутова, А. А. Керимов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2016. – № 2(70). – С. 53-57.

Реутова Н. В. Микроэлементный состав малых рек ледникового происхождения на примере реки Терскол / Н. В. Реутова, Т. В. Реутова, Ф. Р. Дреева // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2017б. – № 1(75). – С. 75-79.

Реутова Н. В. Микроэлементный состав поверхностных вод бассейна реки Малка и геохимические особенности региона / Н. В. Реутова, Т. В. Реутова, Ф. Р. Дреева, А. М. Хутуев // Геология и геофизика Юга России. – 2021. – Т. 11, № 3. – С. 172-184. – DOI 10.46698/VNC.2021.20.60.014.

Реутова Н. В. Микроэлементы в поверхностных водах бассейна реки Чегем / Н. В. Реутова, Т. В. Реутова, Ф. Р. Дреева, А. М. Хутуев // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2019б. – № 5(91). – С. 57-63. – DOI 10.35330/1991-6639-2019-5-91-57-63.

Реутова Н. В. Определение мутагенного потенциала неорганических соединений ряда тяжелых металлов / Н. В. Реутова, Т. В. Реутова, Т. И. Воробьева // Гигиена и санитария. – 2011. – № 5. – С. 55-57.

Реутова Н. В. Особенности содержания алюминия в реках горной зоны Центрального Кавказа / Н. В. Реутова, Т. В. Реутова, Ф. Р. Дреева, А. М. Хутуев, А.А. Керимов // Экологическая химия. – 2018в. – Т. 27. – № 3. – С. 124-134.

Реутова Н. В. Особенности формирования микроэлементного состава водотоков, формирующих исток реки Баксан, в период летнего паводка / Н. В. Реутова, Ф. Р. Дреева, Т. В. Реутова // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2015б. – № 5(67). – С. 70-75.

Реутова Н. В. Особенности химического состава поверхностных вод национального парка «Приэльбрусье» / Н. В. Реутова, Т. В. Реутова, Ф. Р. Дреева, А. М. Хутуев, А. А. Керимов // Биота и среда заповедных территорий. – 2020в. – № 4. – С. 95-113. – DOI 10.25808/26186764.2020.58.10.006.

Реутова Н. В. Потенциально токсичные элементы в поверхностных водах бассейна реки Черек Безенгийский / Н. В. Реутова, Т. В. Реутова, Ф. Р. Дреева, А. М. Хутуев // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2022а. – № 5(109). – С. 105-115. – DOI 10.35330/1991-6639-2022-5-109-105-115.

Реутова Н. В. Сравнительная характеристика основных рек Кабардино-Балкарии по содержанию алюминия, марганца, молибдена и меди / Н. В. Реутова, Ф. Р. Дреева, Т. В. Реутова; А.М. Хутуев, А.А. Керимов // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа: Коллективная монография по материалам X Всероссийской научно-технической конференции в 2-ух частях, Грозный, 14–16 октября 2020 года. – Грозный: ООО «Формат», 2020. – С. 500-506.

Реутова Н. В. Химический состав родниковых вод высокогорной и среднегорной зоны КБР / Н. В. Реутова, Т. В. Реутова, Ф. Р. Дреева, А.А. Керимов,

А.М. Хутуев // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2017а. – № 2(76). – С. 83-89.

Реутова Т. В. Гидрохимические аномалии в водных объектах национального парка «Приэльбрусье» / Т. В. Реутова, Н. В. Реутова, Ф. Р. Дреева, А. М. Хутуев, А. А. Керимов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2022б. – № 6(110). – С. 144-157. – DOI 10.35330/1991-6639-2022-6-110-144-157.

Реутова Т. В. Динамика содержания основных микроэлементов в ледниковых реках Центрального Кавказа / Т. В. Реутова, Ф. Р. Дреева, Н. В. Реутова // Вода: химия и экология. – 2015в. – № 4(82). – С. 3-9.

Реутова Т. В. Изменение ионного состава природных вод от высокогорной до низкогорной зоны Центрального Кавказа / Т. В. Реутова, Ф. Р. Дреева, Н. В. Реутова, А. М. Хутуев // Грозненский естественнонаучный бюллетень. – 2018а. – Т. 3. – № 1(9). – С. 33-41. – DOI 10.25744/genb.2018.9.14687.

Реутова Т. В. Оценка уровня загрязнения рек Центрального Кавказа по результатам 10-летнего мониторинга / Т. В. Реутова, Т. И. Воробьева, Л. П. Гущина, Л. З. Жинжакова, Е. А. Чередник // Бассейн реки Терек: проблемы регулирования, восстановления и реабилитации водных объектов : Труды Всероссийской научно-практической конференции, Махачкала, Нальчик, Пятигорск, 27–30 мая 2015 года / Западно-Каспийское бассейновое водное управление Открытое акционерное общество «Севкавгипроводхоз»; Ответственный редактор Э. В. Запорожченко. – Махачкала, Нальчик, Пятигорск: Открытое акционерное общество «Севкавгипроводхоз», 2015а. – С. 232-237.

Реутова Т. В. Посттехногенное развитие водной и наземной экосистем на территории хвостохранилища Тырнаузского горно-обогатительного комбината (Центральный Кавказ) / Т. В. Реутова, Ф. Р. Дреева, Н. В. Реутова // Изучение водных и наземных экосистем: история и современность : Тезисы докладов Международной научной конференции, посвящённой 150-летию Севастопольской биологической станции - Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий», Севастополь, 13–18 сентября 2021 года. – Севастополь: Федеральное государственное бюджетное

учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН», 2021б. – С. 310-312.

Реутова Т. В. Природное и антропогенное загрязнение молибденом водных объектов Центрального Кавказа и его биоиндикация / Т. В. Реутова, Ф. Р. Дреева, Н. В. Реутова // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2018б. – № 2. – С. 51-60. – DOI 10.7868/S0869780318020059.

Реутова Т. В. Сравнительная гидрохимическая характеристика водных объектов карстового происхождения в Кабардино-Балкарской Республике / Т. В. Реутова, Ф. Р. Дреева, Н. В. Реутова // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2020б. – № 5(97). – С. 127-135. – DOI 10.35330/1991-6639-2020-5-97-127-135.

Салихова И. К. Создание трёхмерной модели геологической карты в ГИС Surfer / И. К. Салихова // Актуальные проблемы геодезии, картографии, геоинформатики и кадастра : Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Уфа, 07–08 апреля 2017 года. – Уфа: Башкирский государственный университет, 2017. – С. 156-158.

Самылова Ю. А. Введение в пакеты научной графики: Grapher и Surfer : учебное пособие / Ю. А. Самылова, Г. Р. Усманова, И. Р. Диденко. – Сургут : СурГПУ, 2007. – 121 с.

Силкин К. Ю. Геоинформационная система Golden Software Surfer 8 : учебно-методическое пособие для вузов / К. Ю. Силкин. – Воронеж : Воронежский государственный университет, 2008. – 66 с.

Хатухов А. М. Новые сведения о карстовом провале Кель-Кетчхен на Центральном Кавказе / А. М. Хатухов, С. И. Шагин, Л. З. Емузова, Е. А. Барагунова, Н. В. Татаренко // Успехи современного естествознания. – 2020. – № 7. – С. 162-167. – DOI 10.17513/use.37448.

Хаустов В. В. О влиянии разработки месторождения Тырныауз на водную экосистему реки Баксан (биохимический аспект) / В. В. Хаустов, А. П. Дубяга // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2012. – № 2-2. – С. 228-235.

Хаустов В. В. Об экологической стороне процессов разработки полиметаллического месторождения Тырныауз. Часть 2. Твердый и жидкий сток / В. В. Хаустов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2016. – № 3(20). – С. 68-79.

Черноморец С. С. Прорыв озера Башкара (Центральный Кавказ, Россия) 1 сентября 2017 года / С. С. Черноморец, Д. А. Петраков, А. А. Алейников, М. Ю. Беккиев, К. С. Висхаджиева, М. Д. Докукин, Р. Х. Калов, В. М. Кидяева, В. В. Крыленко, И. В. Крыленко, И. Н. Крыленко, Е. П. Рец, Е. А. Савернюк, А. М. Смирнов // Криосфера Земли. – 2018. – Т. 22. – № 2. – С. 70-80. – DOI 10.21782/KZ1560-7496-2018-2(70-80).

Чукаева М.А. Очистка многотоннажных рудничных вод от ионов молибдена: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.36. / Чукаева Мария Алексеевна. - СПб., 2018. 199 с.

Шварцев С. Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза / С. Л. Шварцев. – 2-е издание, исправленное и дополненное. – Москва: Издательство «Недра», 1998. – 366 с.

Шилькрот Г. С. Пространственная неоднородность химического состава вод горных рек Кабардино-Балкарии / Г. С. Шилькрот, Т. М. Кудерина, Л. Г. Лобковская // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2021. – Т. 85. – № 3. – С. 415-421. – DOI 10.31857/S2587556621030158.

Экспертное заключение на минеральную воду из скважины № 3-К (Теплый источник) в с. п. Лечинкай Чегемского района Кабардино-Балкарской Республики / Бураков А. Ю., Бадалов Н. Г. – М.: Российский научный центр медицинской реабилитации и курортологии, 2015. – 4 с.

Cherkasova A. A. Prielbrusye national park environmental changes due to increasing tourism activity / A. A. Cherkasova, A. A. Iurmanov, P. Kokane, A. A. Maslakov, M. Petkovich, M. N. Petrushina, A. Tabelinova, A. Tolipov, G. Yakubov, Yu. Yushina // Geography, Environment, Sustainability. – 2022. – Vol. 15, No. 4. – P. 115-123. – DOI 10.24057/2071-9388-2022-108.

De Flora S. Genotoxicity of chromium compounds. A review / S. De Flora, M. Bagnasco, D. Serra, P. Zanicchi // *Mutation Research/Reviews in Genetic Toxicology*. – 1990. – Vol. 238. – No 2. – P. 99-172. – DOI 10.1016/0165-1110(90)90007-X.

Flaten P. T. Aluminium as a risk factor in Alzheimer's disease, with emphasis on drinking water / P.T. Flaten // *Brain Research Bulletin*. – 2001. - Vol. 55, Issue 2. - P. 187-196. - DOI: [https://doi.org/10.1016/S0361-9230\(01\)00459-2](https://doi.org/10.1016/S0361-9230(01)00459-2).

Hummel M. Chromium in metabolic and cardio-vascular disease / M. Hummel, E. Standl, O. Schnell // *Hormone and Metabolic Research*. – 2007. – Vol. 39. – No 7. – P. 743-751.

Kawahara M. Link between aluminum and the pathogenesis of Alzheimer's disease: the integration of the aluminum and amyloid cascade / M. Kawahara, M. Kato-Negishi // *Hypotheses. International Journal of Alzheimer's Disease*. - 2011. - Article ID 276393 - P. 1-17. - DOI:10.4061/2011/276393

Martyn C. N. Geographical relation between Alzheimer's disease and aluminium in drinking water / C. N. Martyn, C. Osmond, J. A. Edwardson, D. J. P. Barker, E. C. Harris, R. F. Lacey // *The Lancet*. - 1989. - Vol. 333. Issue 8629. - P. 61-62.

Reutova N. V. Features of aluminum concentrations in rivers of the mountain zone of the Central Caucasus / N. V. Reutova, T. V. Reutova, F. R. Dreeva, A. M. Khutuev, A. A. Kerimov // *Russian Journal of General Chemistry*. – 2018a. – Vol. 88. – No 13. – P. 2884-2892. – DOI 10.1134/S1070363218130091.

Reutova N. V. Long-term impact of the Tyrnyauz tungsten–molybdenum mining and processing factory waste on environmental pollution and children's population / N. V. Reutova, T. V. Reutova, F. R. Dreeva, A. A. Shevchenko // *Environmental Geochemistry and Health*. – 2022. – DOI 10.1007/s10653-022-01221-z.

Reutova T. V. Pollutant Concentrations in Mountain River Waters in the Upper Baksan Area (Prielbrus'e National Park) and Their Seasonal Variations / T. V. Reutova, F. R. Dreeva, N. V. Reutova // *Water Resources*. – 2018b. – Vol. 45. – No 1. – P. 120-126. – DOI 10.1134/S0097807818010153.

Shugalei I. V. Some aspects of the effect of aluminum and its compounds on living organisms / I. V. Shugalei, A. V. Garabadzhiu, M. A. Ilyushin, A. M. Sudarikov // *Russian*

Journal of General Chemistry. – 2013. – Vol. 83. – No 13. – P. 2633-2646. – DOI 10.1134/S1070363213130082.

Uriu-Adams J. Y. Copper, oxidative stress, and human health / J. Y. Uriu-Adams, C. L. Keen // Molecular Aspects of Medicine. – 2005. – Vol. 26. – No 4-5 SPEC. ISS.. – P. 268-298. – DOI 10.1016/j.mam.2005.07.015.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 - Пункты отбора проб в бассейне реки Малка

№№ п.п.	Водный объект (длина, км)	Местоположение пункта	Расстояние от истока (L), км	Координаты		Высота над у.м. (м) h
				N	E	
1	2	3	4	5	6	7
Бассейн р. Малка						
1	Р.Малка-Л (210)	Поляна Эммануэля, до впадения р. Уллукол.	10,6	43°26'04,2"	42°30'50,8"	2550
2		Урочище Джилысу, до впадения р. Бирджалы	12,4	43°26'00,8"	42°32'02,6"	2400
4		До впадения р. Сирх (мост)	15,75	43°27'21,0"	42°33'14,4"	2105
5		Выше с. Хабаз	65,6	43°43'21,1"	42°54'07,4"	960
6		Село Каменноостское, до впадения р. Кичмалка	79,1	43°44'06,8"	43°03'04,7"	805
7		Село Сармаково	93,9	43°45'00,8"	43°12'26,1"	679
Притоки р. Малка						
8	Р.Уллукол-Л (8,6), прав. прит. на 10,6 км	Устье, поляна Эммануэля	8,6	43°26'04,2"	42°30'50,8"	2550
9	Белый Нарзан (ист. Углекисл.)-НЛ, лев. прит. на 11,1 км	Поляна Эммануэля	0	43°26'04,2"	42°30'50,8"	2550
10	Р.Бирджалы-Л (6,3), прав. пр. на 12,5 км	Урочище Джилысу, устье	6,3	43°25'59,4"	42°32'03,7"	2390
243	питьевой родник Джилы-Су – НЛ (0), прав. прит. на 12,7 км	урочище Джилысу, лагерь	0	43°26'06,5"	42°32'14,3"	2360
12	Р.Султангорасу-Л (1,9), прав. приток на 12,8 км	Урочище Джилысу (мост)	1,6	43°26'04"	42°32'15"	2373
13	Р.Каракаясу- Л (8,4), прав. прит. на 14 км	выше водопада (мост)	7,8	43°26'21"	42°33'14"	2285
14	Родник Каракая-НЛ (0,1), прав. прит. р. Каракаясу на 7,9 км	Выше водопада (мост)	0	43°26'21"	42°33'14"	2285
15	Р. Сирх-НЛ (1,2), лев. приток на 15,7 км	Долина р. Малка, устье	1,1	43°27'23,1"	42°33'08,9"	2120
16	Р.Харбаз-НЛ (13,8), лев. прит. на 32,5 км	Трасса Кисловодск-Джилысу, мост	10,7	43°34'35"	42°34'37"	1793
19	Ручей у выхода красных гранитов - НЛ (1,6), левый приток р. Харбаз на 10,8 км	Трасса Кисловодск-Джилысу, скала из красного гранита	1,2	43°34'23"	42°34'37"	1804

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	
21	Бассейн р. Хасаут	Р.Хасаут-НЛ (25,2), лев. приток на 48,7 км	Пос. Мушт, до впадения р. Мушта	20,3	43°42'06"	42°39'45"	1355
20			Долина Нарзанов	21,7	43°41'45"	42°40'41"	1314
216		р. Мушта - НЛ (25,6), прав. прит. р. Хасаут на 20,5 км	Пос. Мушт	25,3	43°42'03,5"	42°39'50,1"	1368
22		Р.Шаджатмаз-НЛ (5,1), лев. прит р.Хасаут на 21,3 км	Трасса Кисловодск-Джилысу, обсерватория Шаджатмаз	1,2	43°43'40"	42°40'55"	1767
218		Родник -водовод у Долины Нарзанов - НЛ (0), прав. приток р.Хасаут на 22 км	Трасса «Кисловодск-Джылысу», Долина Нарзанов	0	43°41'47,3"	42°40'30,6"	1357
24		ручей Лесной - НЛ (1,5) прав. Прит р.Хасаут на 22,5 км	Трасса «Кисловодск-Джылысу»	0,5	43°41'10"	42°40'45"	1514
219	р. Гедмыш - НЛ (12,8), прав. приток на 71,5 км	дорога к вдп Гедмыш, мост	9,7	43°41'48,4"	42°50'25,3"	1230	
220	руч.Кызылкол (Хабазский) - НЛ (6,6) лев. прит на 77 км	а/д с. Хабаз- вдп Гедмыш, устье	6,6	43°43'21,9"	42°54'07,7"	965	
222	ист. Псынашхиль (выход в русло р. Малка) - НЛ (0) прав. приток на 74,0 км	приустьевая зона р. Бол. Кураты	0	43°44'03,7"	42°59'49,6"	857	
223	ист. Тхабзашхобс (сероводородный) - НЛ (0) прав. пр. на 74,4 км	приустьевая зона р. Бол. Кураты	0	43°43'58,1"	43°00'07"	852	
26	Р.Кичмалка-НЛ (61,6), лев. приток на 79,1 км	Выше с. Кичи-Балык	21,9	43°47'55"	42°39'29"	1486	
28		Выше с. Кичмалка	45,6	43°48'00"	42°54'32"	1038	
25		С. Каменноостское, устье	61,6	43°44'04"	43°03'05"	802	
29	Оз.Б.Шадхурей – НЛ, бессточное, без притоков	С. Каменноостское, правый борт долины р. Малка (80,5 км)	0	43°42'23"	43°04'34"	1082	
30	Р. Экипцоко-НЛ (12,0), прав. приток на 87 км	Между селами Сармаково и Каменноостское, автотрасса	11,5	43°43'22,9"	43°07'44,3"	760	

Таблица А.2 - Пункты отбора проб в бассейне реки Баксан

№№ п.п.	Водный объект (длина, км)	Местоположение пункта	Расстояние от истока (L), км	Координаты		Высота над у.м. (м) h
				N	E	
1	2	3	4	5	6	7
Бассейн р. Баксан						
31	Р. Баксан-Л (169)	Поляна Азау	3,3	43°15'54,0"	42°28'24,3"	2370
32		Поворот на поляну Чегет (мост)	8,1	43°14'56,0"	42°31'36,7"	2080
33		С.Эльбрус, до впадения р. Адылсу	17,7	43°14'54"	42°38'17"	1800
34		Ресторанный комплекс «Аламат»	35,3	43°19'40"	42°48'09"	1466
35		До впадения р. Гижгит	59,4	43°26'42"	43°00'07"	1094
36		С.Бедык	76,2	43°30'50"	43°09'21"	877
37		С. Исламей, утес Кызбурун	112,3	43°40'13"	43°28'39"	515
Притоки р.Баксан						
38	снег/талая вода - Л, на ледн	Южный склон Эльбруса, Скалы Пастухова	0	43°19'47"	42°27'45"	4600
39	снег/талая вода - Л, на ледн	Южный склон Эльбруса, Приют Одиннадцати	0	43°18'57"	42°27'38"	4084
40	Талая вода-Л на грунте	Канатная дорога, ст. «Гарабаши»	0	43°18'01"	42°21'52"	3792
41	Талая вода-Л на грунте	Канатная дорога, ст. «Мир»	0	43°17'23"	42°27'42"	3473
224	сток с ледника Малый Азау – Л (3,1), левый приток на 3,0 км	южное подножие г. Эльбрус	3,00	43°15'56,4"	42°28'21,3"	2430
42	Р. Гарабаши-Л (5,8), левый приток на 6,8 км	Трасса Терскол-Азау, мост	4,3	43°15'36"	42°29'51"	2260
43	Вдп «Девичьи косы» - НЛ (2,0), левый приток р. Гарабаши на 2,7 км	Южный склон Эльбруса	1,6	43°16'28"	42°29'35"	2362

Продолжение таблицы А.2

1	2	3	4	5	6	7
45	Левый исток р. Терскол-Л (2,4)	Ущелье Терскол, морена	2,2	43°17'20,2"	42°30'25,4"	2650
46	Правый исток р. Терскол-Л (1,4)	Ущелье Терскол, морена	1,2	43°17'19,5"	42°30'22,8"	2650
48	Р. Терскол-Л (8,2), левый приток на 8,8 км	200 м от слияния истоков	2,6	43°17'08"	42°30'28"	2590
50		мост выше гостиницы	4,2	43°16'29,8"	42°30'46,4"	2399
53		ущ. Терскол, выше пос.Терскол	5,3	43°15'55,6"	42°30'54,6"	2269
44		Устье, а/д Эльбрус — Терскол, мост	8,1	43°14'54"	42°32'02"	2140
47		Вдп Терскол-НЛ (1,6), прав. прит. р.Терскол на 2,7 км	Ущелье Терскол, правый борт	0,8	43°17'18,9"	42°30'02,2"
51	Родниковый ручей питьевой - НЛ (0,35) лев прит. р. Терскол на 4,3 км	мостик у гостиницы	0,26	43°16'28,5"	42°30'48,2"	2405
52	Руч. Сарыкол-НЛ (2,3), лев. прит. р.Терскол на 4,7 км	Устье, ущелье Терскол, верхняя граница леса	2,2	43°16'49"	42°30'40"	2438
54	Родник массива Терсколак-НЛ (0,3), прав. приток р. Терскол на 6,2 км	Ущелье Терскол, выше пос. Терскол	0	43°15'41,5"	42°30'53,8"	2246
56	Р. Донгуз-Орун Л (9,6), прав. приток на 9,4 км	вток в оз.Донгуз-Орун	4,00	43°13'20"	42°29'39"	2548
60		Поляна «Чегет»	8,0	43°14'32"	42°31'24"	2103
55		Устье	9,5	43°14'43"	42°32'33"	2020
57	Руч. Медвежий-Л (2,9), лев. приток оз. Донгуз-Орун-Кёль	Лев. берег оз. Донгуз-Орун	2,6	43°13'29"	42°29'22"	2550
58	Оз. Донгуз-Орун-Кёль - Л (0,65×0,25) на 4 км р. Донгуз-Орун	Южный склон г. Чегет		43°13'29"	42°29'35"	2526
59	Родник, южный склон г.Чегет-НЛ (0,5), лев. прит. р.Донгуз-Орун на 5,2 км	Южный склон г. Чегет	0,15	43°13'53,4"	42°29'56,9"	2707
61	Руч. Иткол Верхний-НЛ (1,3), лев. приток на 10,2 км	Поляна Иткол	1,2	43°27'40"	43°00'35"	1946
62	Руч. Иткол Нижний-НЛ (2,35), лев. приток на 10,2 км	Поляна Иткол	2,3	43°27'40"	43°00'35"	1946
63	Р. Когутайка-Л (3,6), прав. приток на 11,4 км	Поляна Нарзанов	3,5	43°14'48"	42°33'51"	1980
64	Байдаевка вдп-НЛ (3,2), лев. приток на 12,5 км	с. Байдаево	3,0	43°14'57"	42°34'40"	1977

Продолжение таблицы А.2

1	2	3	4	5	6	7
65	Р. Юсеньги-Л (7,8), прав. прит. на 13,9 км	Т/б «Роснефть»	7,65	43°14'34,4"	42°35'36,1"	2160
67	Р. Адылсу-Л (11,8), прав. приток на 17,9 км	Поляна «Зеленая гостиница»	1,65	43°12'34"	42°43'58"	2639
72		А/л Джантуган	5,6	43°13'24"	42°41'05"	2100
66		Устье	11,8	43°14'53"	42°38'22"	1800
68	Родник «Зеленая гостиница»-НЛ (0)	Поляна «Зеленая гостиница», лев. берег р. Адылсу	0	43°12'34"	42°43'58"	2639
69	оз. Башкара Верхнее - Л	Левый борт ущ. Адылсу	0	43°12'36,5"	42°43'41,9"	2580
70	Руч. с перевала Курмычи – Л (1,6), прав. приток р.Адылсу на 3,4 км	Выше слияния рек Башкара и Адылсу	1,6	43°13'06"	42°42'01"	2400
71	Родник «Поляна Кошей» - НЛ (0), лев пр р. Адылсу на 5,5 км	А/л Джантуган, Поляна Кошей	0	43°13'04,2"	42°41'29,5"	2251
73	Родн. «Джантуган» - НЛ (0), прав пр р.Адылсу на 5,6 км	А/л Джантуган	0	43°13'25"	42°41'05"	2100
74	руч. Кашкаташ - Л (1,3), лев пр р Адылсу на 6,2 км	Морена лдн.Кашкаташ	0,8	43°13'07"	42°41'18"	2240
75	Р. Шхельда-Л (4,4), лев. прит р.Адылсу на 9,1 км	А/л Шхельда	4,2	43°13'44"	42°39'37"	1940
76		Конечная морена лдн Шхельда	1,6	43°12'29"	42°39'00"	2213
77	Родник-НЛ, лев. приток р. Шхельда на 1,8 км	Левый борт ущелья Шхельда	0	43°12'34"	42°38'58"	2215
78	Ручей Геологов-НЛ (1,7), лев. пр. р. Шхельда на 2,2 км	Левый борт ущелья Шхельда	1,6	43°12'45"	42°38'56"	2208
79	Р. Ирик-Л (11,8), лев. прит на 19,8 км	Пос. Эльбрус, устье	11,8	43°15'36,0"	42°38'32,0"	1820
80	Углекислый источник «Нейтрино» -НЛ (0), прав. пр. на 23,0 км	Выше пос. Нейтрино	0	43°16'29,3"	42°40'52,3"	1720
81	Р. Кыртык-Л (22,2), лев. прит. на 30,6 км	Устье, с. В.Баксан	22,2	43°18'41,0"	42°45'08,0"	1550
82		Перед впадением р. Сылтрансу, с. В. Баксан	21,7	43°18'48,1"	42°45'01,3"	1574
83	Р. Сылтрансу-Л (8,4), прав. прит р.Кыртык на 21,7 км	Устье, с. В. Баксан	8,3	43°18'47"	42°44'58,3"	1579
84	Р. Адырсу-Л (17,1), прав. прит. на 30,7км	Выход из теснины, с. В. Баксан	16,1	43°18'09,0"	42°45'33,0"	1726
85	Руч. Большой Мукулан -НЛ (4,6), лев. прит на 37,9 км	Лев. борт Баксанского ущелья выше г. Тырнауз	4,5	43°21'34,3"	42°52'03,8"	1396

Продолжение таблицы А.2

1	2	3	4	5	6	7	
86	Р. Тютюсу-Л (11,3), прав. прит. на 38,8км	Выше г. Тырнауз	11,2	43°21'37,7"	42°52'54,6"	1435	
87	руч. Мукулан Нижний - НЛ (2,0) лев пр на 39,0 км	прав борт Баксанского ущ выше г. Тырнауз	1,95	43°21'57,7"	42°52'37,2"	1375	
254	руч. «Рудник» - НЛ (2,0) лев пр р.Баксан на 47,2 км	устье, г. Тырнауз	2,0	43°22'47,3"	42°54'34,6"	1297	
88	Р. Камыксу-НЛ (10,2), лев. приток на 49,5 км	Г. Тырнауз	10,2	43°21'57,7"	42°52'37,2"	1375	
90	Р. Гижгит-НЛ (28,7), лев. приток на 60,2 км	ущ. Гижгит, выше тоннеля	25,1	43°28'03,6"	42°58'08,8"	1306	
89		Устье, тоннель выше Былымского хвостохранилища ТГОК по руслу Баксана	28,5	43°27'03,8"	43°00'21,3"	1081	
91		нижний берег, левый борт долины р. Баксан на 60 км		43°27'45,0"	42°59'34,0"	1216	
93		Малое Былымское остаточное оз. - НЛ (0,47×0,14)	лев борт долины р. Баксан на 60 км		43°27'55,6"	42°59'52,7"	1244
94		руч. дренажный НЛ (0,2), лев пр на 61,3 км	лев борт долины р. Баксан на 60 км	0	43°27'30,6"	43°00'41,0"	1085
95	Р. Кестанты (Гескенти)-НЛ (30), правый приток на 62,7 км	Выше с. Былым	27,6	43°26'56,0"	43°01'49,9"	1136	
228	Источник сероводородный - НЛ (0), левый приток р.Баксан на 80 км	Выше с. Жанхотеко у моста	0	43°32'11,7"	43°11'14,2"	813	
229	р. Хаюко - НЛ (6,8) лев прит р.Баксан на 82,4 км	с. Жанхотеко, мост	6,3	43°33'07,6"	43°11'51,4"	817	
96	Кенделен/Гунделен (Тызыл) - НЛ (61,7), лев пр на 90,2 км	а/д Прохладный-Азау, мост	58,7	43°35'27,2"	43°13'55,6"	747	

Таблица А.3 - Пункты отбора проб в бассейне реки Чегем

№№ п.п.	Водный объект (длина, км)	Местоположение пункта	Расстояние от истока (L), км	Координаты		Высота над у.м. (м) h
				N	E	
1	2	3	4	5	6	7
Бассейн р.Чегем						
100	Р. Чегем/Башиль-Л (103)	Выше впадения р. Джайлык	8,9	43°12'23,8"	42°59'20,1"	2075
101		Перед впадением р. Гара-Аузусу	14,7	43°12'36,8"	43°03'19,4"	1862
102	Р. Чегем-Л (103)	Выше с. Булунгу, мост	19,3	43°13'22,2"	43°06'17,5"	1660
103		Ниже с. Эльтюбю	29,1	43°17'25,7"	43°09'12,2"	1428
104		Перед впадением р. Адайсу (вдп)	55,8	43°28'18,4"	43°16'00,5"	950
105		У теплого ист. выше с. Лечинкай	70,3	43°32'24,9"	43°22'58,1"	730
106		Г. Чегем, мост	88,7	43°34'27,8"	43°34'59,2"	472
Притоки р.Чегем						
107	Р. Джайлык-Л (8,3), лев. прит. на 10,0 км	Напротив т/б «Башиль»	7,9	43°12'48"	42°59'29"	2088
230	руч. Абай – НЛ (2,2), лев пр р.Башиль на 13,3 км	ферма	2,0	43°12'43,7"	43°02'08,8"	1961
109	Р. Гара-Аузусу-Л (13,9), прав. пр на 15,0 км	перед впадением р.Шаурту	6,1	43°09'02"	42°59'48"	2400
113		т/б Чегем	7,7	43°09'59"	43°01'27"	2133
108		Устье	13,7	43°12'36"	43°03'23"	1852
110	Р. Шаурту - Л (2,6) прав пр р. Гара-Аузусу на 6,4 км	Верховье ущ.Гара-Аузусу	2,1	43°09'09,4"	43°01'10,2"	2163
111	Р. Тютюргю - Л (5,7) прав пр р. Гара-Аузусу на 6,5 км	Верховье ущ.Гара-Аузусу	5,3	43°09'09"	43°01'13"	2181
112	Руч. Уллукурчуху - Л (5,4) прав пр р. Гара-Аузусу на 7,2 км	Устье, выше т/б Чегем	5,4	43°09'46,4"	43°01'31,8"	2130
114	родник Жирык-кел - НЛ (0,5) прав пр р. Гара-Аузусу на 8,85	средняя часть ущ. Гара-Аузусу	0	43°10'30"	43°02'02"	2085
115	Р. Чараксу - Л (4,9) прав пр р. Гара-Аузусу на 11,6 км	нижняя часть ущ. Гара-Аузусу, переправа	4,7	43°11'34"	43°03'05"	2040

Продолжение таблицы А.3

1	2	3	4	5	6	7
116	руч. Боуларсу – НЛ (2,5) лев пр на 15,7км	ниже слияния р.Чегем и Гара-Аузусу	2,4	43°12'49"	43°03'54"	1847
117	Р. Булунгусу-Л (8,9), прав. пр. на 22,0км	С. Булунгу	8,5	43°14'07"	43°07'33"	1635
118	Р. Сылыксу-НЛ (6,6), прав. пр. на 22,3км	С. Булунгу	6,4	43°14'19"	43°07'50"	1611
119	Р. Джылгысу-НЛ (13,2), лев. пр. на 26,1км	Устье, С. Эльтюбю	12,9	43°16'07"	43°09'12"	1528
120	р.Кардан - НЛ (8,6), прав пр. на 26,0 км	с.Эльтюбю, устье	8,4	43°19'25"	43°09'12"	1524
121	Р. Кекташ-НЛ (10,7), лев. пр. на 39,3 км	Устье	10,6	43°22'10"	43°10'06"	1200
122	Родн.Серебряный-НЛ (0), прав. пр на 45,3 км	Теснина Чегемского ущелья	0	43°24'57"	43°12'59"	1080
123	Р. Чатысу-НЛ (6,9), прав. пр. на 49,8 км	С.Хуштосырт	6,3	43°25'54"	43°14'00"	1058
124	Р. Адайсу-НЛ (3,8), прав. прит на 55,8 км	Устье	3,8	43°28'19"	43°10'08"	952
125	Р. Кийикчису-НЛ (8,3), прав пр на 58,4 км	С. Нижний Чегем	8,0	43°28'19"	43°16'10"	955
126	Родн. Ахматова-НЛ (0,7), лев.пр.на 67,8км	Выше с.Лечинкай	0,5	43°32'03"	43°21'31"	807
232	Источник Тахур - НЛ (0), лев пр на 70,3 км	выше с.Лечинкай	0	43°32'25,4"	43°22'57,8"	729

Таблица А.4 - Пункты отбора проб в бассейне реки Черек

№№ п.п.	Водный объект (длина, км)	Местоположение пункта	Расст. от истока (L), км	Координаты		Высота над у.м. (м)
				N	E	h
1	2	3	4	5	6	7
Бассейн р. Черек (с р. Черек Балкарский)						
127	Р. Черек Балкарский-Л (133)	ниже слияния рек Дыхсу и Карасу	11,1	43°01'20,7"	43°19'11,5"	1600
128		Плотина Верхне-Балкарской ГЭС	17,8	43°03'54"	43°22'04"	1383
129		Перед впадением р. Рцывашки	25,6	43°06'18"	43°25'55"	1160
130		Ниже с. Верхняя Балкария	32,7	43°09'17"	43°28'57"	1035
131		Напротив оз. Нижнее Голубое	47,2	43°15'44,9"	43°32'32,2"	764
132	Р. Черек-Л(133)	Выше водохранилища Кашхатау ГЭС	58,1	43°19'35"	43°37'51"	653
133		Село Старый Черек	82,3	43°27'58"	43°50'03"	391
Притоки р.Черек						
277	р. Карасу - Л (13,3) правый приток р.Черек Балкарский на 7,7 км	поляна Уштулу, мост к гостинице	9,3	42°58'51,8"	43°19'56,7"	2013
134	Р. Оргозюрек-Л (5,2), правый приток р. Карасу на 11,6 км	Поляна Уштулу	4,6	42°59'06,1"	43°19'26"	1810
135	Р. Зеркису-Л (4,1), правый приток на 14,8 км	Устье	3,95	43°02'56"	43°20'29"	1390
136	Ручей с г. Сабалах-НЛ (2,7), правый приток на 16,6 км	Устье, мост выше плотины В.Балкарской ГЭС	2,6	43°03'31"	43°21'25"	1387
137	Р. Гюльчису-НЛ (4,7), правый приток на 21,8 км	Устье	4,5	43°04'24"	43°23'31"	1379
138	Р. Ишкырты (Рцывашки)-Л (16,4), правый приток на 25,7 км	Устье, с. В. Балкария	16,4	43°06'18"	43°25'59"	1167
139	Р. Курноятсу-НЛ (7,7), правый приток на 28,9 км	С. Верхняя Балкария	7,7	43°07'34"	43°27'31"	1116
140	Р. Хашхасу-НЛ (7,1), правый приток на 29,0 км	С. Верхняя Балкария	7,0	43°07'39"	43°27'38"	1107
141	Р. Чайнашки-НЛ (16,5), лев. пр. на 29,4 км	Устье, с. Верхняя Балкария	16,5	43°07'50"	43°27'40"	1092
142	Р. Курунгусу-НЛ (3,9), правый приток на 32,3 км	Ниже с. Верхняя Балкария	3,8	43°09'06"	43°28'49"	1078

Продолжение таблицы А.4

1	2	3	4	5	6	7
143	Ручей у южного подножия Скалистого хребта-НЛ (1,4), правый приток на 33,65 км	48-й километр автодороги Урвань-Уштулу	1,2	43°09'42"	43°29'09"	1078
145	Вдп Каябашису/родник питьевой-НЛ (0,35), правый приток на 39,9 км	Северный портал тоннеля	0,2	43°11'33"	43°31'07"	970
146	Нижнее Голубое озеро/Церик-Кель-НЛ (0,21×0,13), сток	Правый борт Черекского ущелья на 44,4 км	0	43°14'01"	43°32'16"	825
150	Р. Карасу Балкарский - НЛ (16,4), левый приток на 46,1 км	Выше с. Бабугент	15,8	43°14'59"	43°32'00"	808
151	Водоём карстовый у с.Бабугент-НД (0), левый приток на 47,5 км	Верхняя часть с. Бабугент	0	43°15'47,4"	43°32'31,1"	769
156	Р. Черек Безенгийский/Безенги-Л(54,0), левый приток на 50,25 км	А/л Безенги	9,05	43°07' 01,3"	43°08' 53,4"	2045
160		Ниже слияния р.р. Безенги и Мижирги на 2 км	11,2	43°07' 49,8"	43°09'40,4"	1940
164		Выше с. Безенги, камнерезный цех	24,5	43°12' 24,1"	43°16' 27,1"	1436
169		Выше с. Карасу	40,8	43°17' 53,4"	43°24' 32,5"	968
152		Село Бабугент, устье	53,3	43°16' 57,5"	43°33' 11,9"	750
157	Р. Мижирги-Л (3,4), правый приток р.Черек Безенгийский на 9,2 км	А/л Безенги	3,2	43°06' 40,6"	43°08' 58,4"	2130
158	Родник Безенги-НЛ (0), левый приток р.Мижирги на 3,3 км	А/л Безенги	0	43°06' 40,5"	43°08' 57,3"	2130
161	Руч. Гитче-Наратлы-НЛ (1,9), правый приток р. Черек Безенгийский на 12,2 км	Роцца на селевом конусе выноса, а/д Бабугент-а/л Безенги	1,8	43°08' 33,6"	43°10' 27,3"	1869
162	Р. Аккусу-НЛ (5,4), левый приток р. Черек Безенгийский на 17,2 км	Застава Кабардино-Балкарского высокогорного заповедника	5,3	43°09' 48,4"	43°13' 09,3"	1675
163	Руч. Шыки-НЛ (4,75), левый приток р. Черек Безенгийский на 22,8 км	Развалины аула Шыки	4,4	43°11' 58,2"	43°15' 24,8"	1536

Продолжение таблицы А.4

1	2	3	4	5	6	7
165	Р. Кишлыксу-НЛ (6,8), левый приток р. Черек Безенгийский на 26,6 км	Село Безенги	6,55	43° 13' 06,6"	43° 17' 26,9"	1409
166	Р. Шаудорсу-НЛ (5,95), левый приток р. Черек Безенгийский на 31,0 км	Южное подножие Скалистого хребта	5,9	43° 15' 03,1"	43° 21' 06,6"	1204
168	Родник Тыжынты/вдп Девичьи слезы-НЛ (0), левый приток р. Черек Безенгийский на 38,0 км	Теснина Безенгийского ущелья	0	43° 17' 02,9"	43° 23' 04,3"	1031
170	Р. Карасу (Безенгийский)-НЛ (16,0), левый приток р. Черек Безенгийский на 41,0 км	С. Карасу, устье	15,7	43° 18' 01,1"	43° 24' 15,2"	980
171	источник Ислису (сероводородный)-НЛ (0), левый приток р. Черек Безенгийский на 51,5 км	С. Бабугент	0	43° 17' 04,1"	43° 31' 43,2"	810
172	Р. Хеу-НЛ (29,1), левый приток на 68,35 км	С. Аушигер, мост	28,2	43°22'34,0"	44°42'50,6"	547
173	Р. Псыгансу(Сугансу)-Л (58,4), правый приток на 76,25	С. Псыгансу	55,6	43°24'02"	43°46'59"	492

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 - Подробные статистические характеристики рядов средних концентраций микроэлементов в водах региона исследования в бассейнах рек Малка, Баксан, Чегем и Черек

Статистическая характеристика	Бассейн	Al	Mo	Pb	Mn	Cu	Cr	Zn	Ni	Ag	Cd
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Среднее значение	Басс. р. Малка	133,74	0,49	0,80	15,38	2,59	1,05	28,94	2,75	0,20	0,034
	Басс. р. Баксан	230,10	63,66	0,94	5,92	4,35	0,77	26,85	3,57	0,30	0,048
	Басс. р. Чегем	312,44	0,74	1,36	8,79	2,78	1,05	13,93	2,21	0,42	0,044
	Басс. р. Черек	126,70	1,18	1,26	9,65	3,03	0,89	37,09	1,75	0,19	0,037
Минимальное значение	Басс. р. Малка	21,25	0,054	0,115	2,30	1,42	0,12	9,26	0,44	0,04	0
	Басс. р. Баксан	7,8	0	0,28	1,19	0,54	0,08	0	0,21	0	0
	Басс. р. Чегем	29,29	0	0,22	0,93	0,79	0,20	0	0	0,02	0,010
	Басс. р. Черек	15,75	0	0,12	1,01	1,09	0,34	8,85	0,44	0	0,009
Максимальное значение	Басс. р. Малка	358,31	2,34	2,14	230,47	8,75	3,96	77,15	18,65	1,01	0,137
	Басс. р. Баксан	1186,82	2191,56	2,03	28,73	12,68	3,58	103,45	26,94	1,19	0,166
	Басс. р. Чегем	985,77	3,54	6,37	23,05	8,30	2,60	29,29	34,12	5,44	0,215
	Басс. р. Черек	528,86	4,34	6,50	44,99	5,61	1,75	140,35	8,87	0,92	0,128
Диапазон	Басс. р. Малка	337,06	2,29	2,02	228,17	7,33	3,54	67,89	18,22	0,97	0,137
	Басс. р. Баксан	1179,02	2191,56	1,74	27,54	12,14	3,50	103,45	26,73	1,19	0,166
	Басс. р. Чегем	956,48	3,54	6,15	22,12	7,50	2,40	29,29	34,12	5,43	0,205
	Басс. р. Черек	513,11	4,34	6,39	43,98	4,53	1,41	131,50	8,43	0,92	0,119
Медиана	Басс. р. Малка	86,97	0,38	0,64	5,85	2,28	0,97	23,03	1,40	0,14	0,028
	Басс. р. Баксан	148,39	0,65	0,89	4,62	3,96	0,64	24,80	1,19	0,22	0,041
	Басс. р. Чегем	213,11	0,62	0,89	5,31	2,58	0,87	13,64	0,86	0,18	0,038
	Басс. р. Черек	72,53	0,86	0,84	7,12	2,93	0,91	26,04	1,11	0,12	0,031
Стандартное отклонение	Басс. р. Малка	105,12	0,51	0,48	39,92	1,31	0,61	15,29	3,95	0,19	0,028
	Басс. р. Баксан	239,72	309,76	0,40	4,49	2,13	0,49	15,81	4,94	0,28	0,033
	Басс. р. Чегем	298,48	0,63	1,26	6,79	1,57	0,69	6,64	6,08	0,99	0,037
	Басс. р. Черек	128,87	0,89	1,48	9,69	1,05	0,31	29,53	1,62	0,19	0,025

Продолжение таблицы Б.1

Статистическая характеристика	Бассейн	Al	Mo	Pb	Mn	Cu	Cr	Zn	Ni	Ag	Cd
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Коэффициент вариации	Басс. р. Малка	0,79	1,03	0,60	2,60	0,50	0,58	0,53	1,44	0,97	0,85
	Басс. р. Баксан	1,04	4,87	0,42	0,76	0,49	0,63	0,59	1,39	0,94	0,69
	Басс. р. Чегем	0,96	0,85	0,92	0,77	0,56	0,66	0,48	2,76	2,35	0,84
	Басс. р. Черек	1,02	0,75	1,18	1,01	0,35	0,35	0,80	0,92	1,03	0,66
Первый квартиль	Басс. р. Малка	44,6	0,18	0,49	3,74	1,83	0,77	19,43	0,83	0,09	0,014
	Басс. р. Баксан	103,91	0,27	0,62	2,84	3,08	0,53	16,21	0,75	0,09	0,025
	Басс. р. Чегем	82,37	0,40	0,68	3,48	1,70	0,51	9,84	0,55	0,08	0,024
	Басс. р. Черек	43,44	0,56	0,41	2,91	2,29	0,69	17,39	0,76	0,09	0,021
Третий квартиль	Басс. р. Малка	218,21	0,48	0,94	9,02	2,96	1,20	34,39	2,18	0,23	0,045
	Басс. р. Баксан	242,18	1,44	1,22	8,53	5,18	0,85	31,80	5,40	0,38	0,066
	Басс. р. Чегем	425,86	0,82	1,53	14,08	3,16	1,46	17,86	1,28	0,31	0,046
	Басс. р. Черек	152,82	1,69	1,18	11,57	3,77	1,04	47,56	1,99	0,20	0,045
Интерквартильный разброс	Басс. р. Малка	173,61	0,30	0,45	5,28	1,13	0,43	14,96	1,36	0,14	0,031
	Басс. р. Баксан	138,27	1,17	0,59	5,69	2,10	0,32	15,59	4,65	0,28	0,042
	Басс. р. Чегем	343,49	0,41	0,85	10,6	1,46	0,96	8,02	0,74	0,23	0,023
	Басс. р. Черек	109,38	1,13	0,77	8,65	1,48	0,35	30,17	1,23	0,11	0,024