

На правах рукописи



ШАМАРИНА МАРИНА АНАТОЛЬЕВНА

**ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА
ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
РЕКИ МАЛКА**

Специальность – 1.6.12. Физическая география и биогеография,
география почв и геохимия ландшафтов

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Нальчик – 2025

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова»

Научный руководитель: **Кондратьева Наталия Владимировна**
доктор географических наук, доцент,
Высокогорный геофизический институт,
заведующая лабораторией гляциологии

Официальные оппоненты: **Лысенко Алексей Владимирович**
доктор географических наук, доцент,
Северо-Кавказский федеральный университет,
профессор

Бармин Александр Николаевич
доктор географических наук, профессор,
Астраханский государственный университет
им. В.Н. Татищева, профессор

Защита диссертации состоится **02 марта 2026 г. в 16:30** на заседании диссертационного совета ЮФУ801.01.11 по географическим наукам на базе Института наук о Земле Южного федерального университета по адресу: 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 40, к. 201 (202).

С диссертацией можно ознакомиться в Зональной научной библиотеке им. Ю.А. Жданова Южного федерального университета по адресу: 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 21Ж и на сайте ЮФУ: <https://hub.sfedu.ru/diss/show/1347435/>

Автореферат разослан «___» _____ 2026 г.

Отзыв на автореферат в 2-х экз. (с указанием даты, полностью ФИО, ученой степени со специальностью, звания, организации, подразделения, должности, адреса, телефона, e-mail), заверенный печатью организации, просим направлять по адресу: 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 40, к. 208, ученому секретарю диссертационного совета ЮФУ801.01.11 Решетняк О.С., а также в формате pdf на e-mail: osreshetnyak@sfedu.ru (до отправки по почте).

Ученый секретарь
диссертационного совета

 Решетняк Ольга Сергеевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Решение водно-экологических проблем невозможно без дальнейшего углубления знаний о влиянии физико-географических факторов на гидролого-гидрохимические особенности рек, особенно в условиях горных территорий, являющихся природными «водонапорными башнями» и обеспечивающих водными ресурсами миллионы людей.

Наиболее крупным водным объектом, расположенным на территории Кабардино-Балкарской Республики, является р. Малка, бассейн которой это сложная геосистема со своеобразными особенностями природно-хозяйственной организации. Территория бассейна нижнего течения р. Малка особенно подвержена влиянию природных и антропогенных факторов, так как здесь впадает самый большой приток первого порядка р. Баксан, расположено месторождение подземных вод, ведется интенсивная сельскохозяйственная и промышленная деятельность. Тенденции развития негативных процессов и явлений, вызванных глобальными климатическими изменениями в сочетании с растущей антропогенной нагрузкой на бассейн р. Малка обуславливают актуальность проведения разносторонних исследований необходимых при решении задач, связанных с совершенствованием системы природопользования на исследуемой территории.

Степень разработанности темы. Теоретической базой для применения системного подхода к изучению влияния физико-географических факторов на особенности речного бассейна послужили работы известных отечественных ученых В.Б. Сочавы, А.Г. Исаченко, и др. Основой для изучения особенностей формирования русловых форм рельефа и меандрирования р. Малка стали работы Р.С. Чалова, А.В. Чернова. Изучение особенностей пространственно-временной динамики гидрохимических показателей, главных анионов и основных биогенных веществ базируется на работах А.О. Алекина, А.М. Никанорова и др. В научной литературе имеется большое количество публикаций ученых КБГУ, ВГИ, Центра географических исследований КБНЦ РАН, КБГАУ и других научных учреждений, посвящённых изучению химического состава рек Малка и Баксан в верхнем течении, а также оценке их загрязнённости тяжёлыми металлами и соединениями азота на всём протяжении. Вместе с тем, бассейн р. Малка в нижнем течении изучен мало, практически отсутствуют работы, основанные на системном подходе, направленном на изучение климатических изменений, трансформации термического, гидрологического и гидрохимического режимов, что определяет актуальность данного исследования.

Цели и задачи. *Целью исследования* является анализ влияния физико-географических факторов на гидролого-гидрохимические особенности р. Малка в современном периоде.

Для достижения поставленной цели решались следующие *задачи*:

- охарактеризовать физико-географические факторы бассейна р. Малка;
- исследовать процессы формирования русловых форм рельефа и выявить особенности меандрирования русла р. Малка;
- проанализировать трансформацию термического и гидрологического режимов на территории бассейна нижнего течения р. Малка;
- исследовать пространственно-временную динамику основных гидрохимических показателей воды, концентраций и стока главных анионов (гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды) и основных биогенных веществ (нитраты, нитриты, соединения железа), провести анализ антропогенной изменчивости химического стока в нижнем течении р. Малка;
- установить химический состав вод подземного месторождения расположенного на территории бассейна нижнего течения р. Малка, и выявить их роль в формировании химического стока;
- создать серию цифровых тематических карт участка р. Малка в нижнем течении, отражающих сезонную и пространственную изменчивость модуля стока, и демонстрирующих территориальную дифференциацию структуры модуля стока главных анионов и биогенных веществ.

Объект исследования – бассейн р. Малка.

Предмет исследования – динамика русловых процессов на всем протяжении реки, а также климатических изменений, термического, гидрологического и гидрохимического режимов на территории бассейна нижнего течения р. Малка.

Научная новизна. Впервые:

- определены морфологические параметры русловых процессов, позволяющие проследить динамику меандрирования русла р. Малка с 1877 г.;
- выявлено влияние климатических изменений на современные тенденции в динамике температур воздуха и воды на территории бассейна нижнего течения р. Малка;
- на основании анализа многолетней годовой и внутригодовой динамики изменения расходов воды р. Малка, как в верхнем, так и в нижнем течении, установлена взаимосвязь гидрологического режима реки с климатическими изменениями;
- на основании собственных данных полученных в результате синхронно выполненной в период с 2015 по 2023 гг. гидрохимической съемки рек Малка и Баксан в нижнем течении, исследована пространственно-временная динамика основных гидрохимических показателей, концентраций и стока главных анионов и биогенных веществ;
- исследован химический состав подземных вод на пойменном участке р. Малка в нижнем течении и определено их значение в формировании стока главных анионов и биогенных веществ.

Теоретическая значимость. Для р. Малка расширены и углублены знания о: закономерностях протекания русловых процессов; динамике

изменений местного климата; особенностях термического, гидрологического и гидрохимического режимов.

Практическая значимость. Полученные в работе результаты могут быть использованы научно-исследовательскими, проектными и природоохранными организациями для разработки мероприятий по оптимизации экологического состояния бассейна нижнего течения р. Малка. В рамках диссертации создано 8 тематических карт, которые могут применяться для выявления источников негативного воздействия на состояние пойменных геосистем р. Малка, и наглядно показывают сезонно-территориальное распределение химического стока рек Малка и Баксан. Материалы диссертации используются в учебном процессе КБГУ по направлению подготовки 05.03.02 – География в преподавании дисциплин, Ландшафтоведение, Гидрология, Основы природопользования, Экологический мониторинг, ГИС в географии.

Методология и методы исследования. *Методология* исследования базируется на основных положениях учения о геосистемах с применением бассейнового, ландшафтно-гидрохимического, геолого-геоморфологического и ландшафтно-экологического подходов. При выполнении диссертации использованы *методы*: описательный, сравнительного анализа, математико-статистический, картографический, линейной тенденции, географической интерполяции. Гидрохимические исследования проводили с применением стандартных методик. Тематические карты построены с применением ГИС Аксиома. **Фактический материал:** собственные данные гидрохимической съемки рек Малка и Баксан в нижнем течении за 2015-2023 гг. и подземных вод за 2023 г.; открытые данные о температуре воздуха по метеостанции Прохладный за 2006-2023 гг. и о температуре воды р. Малка по гидропосту ст. Прохладная за 2018-2023 гг.; данные о среднесуточных расходах воды р. Малка полученные на гидропостах с. Каменноостское и ст. Прохладная, предоставленные отделом гидрологии ВГИ (г. Нальчик).

Положения, выносимые на защиту:

1. В верхнем течении реки Малка, сложенном интрузивными горными породами, русловые процессы протекают по типу ограниченного меандрирования с преобладанием вертикальной эрозии. В среднем и нижнем течениях, представленных осадочными горными породами, преобладает свободное меандрирование и пойменная многорукавность.

2. Среднегодовая температура воздуха за период с 2006-2023 гг. на территории бассейна нижнего течения р. Малка увеличилась на 0,76°C, а по сравнению с историческим фоновым периодом (1912-1930 гг.) – на 2,5°C, в основном за счет роста температуры воздуха в холодный период года, что отразилось на структуре питания реки.

3. Климатические изменения, происходящие в современном периоде на территории бассейна р. Малка, оказывают влияние на водный режим реки, особенно в нижнем течении, что проявляется в сокращении среднегодовых расходов на 4% и уменьшении амплитуд расходов.

4. Значимым фактором, определяющим динамику химического стока р. Малка, является приток р. Баксан, который привносит в среднем 60-80% от общего стока гидрокарбонатов, сульфатов, хлоридов, нитратов, нитритов и соединений железа. Доля антропогенной составляющей в стоке р. Малка по сульфатам составляет 16%, хлоридам – 43%, соединениям железа – 60%.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов исследования подтверждается большим объемом используемого в работе фактического материала, в том числе полученного в экспедиционных исследованиях, применением стандартных лабораторных методов оценки качества воды, современного лабораторного оборудования и программного обеспечения. Результаты докладывались на 13 научных и научно-практических конференциях, 10 из которых имели международный статус.

Публикации. Основные результаты диссертации опубликованы в 19 работах, из них 6 статей в изданиях из перечня ВАК, 13 работ в сборниках конференций.

Личный вклад автора состоит в: постановке цели и задач исследования, формулировке основных положений, выносимых на защиту, выборе и реализации методов решения поставленных задач, организации и проведении мониторинговых исследований, участии в анализе гидрохимических показателей, проведении расчетов, обобщении полученных данных, создании картографических материалов, подготовке к публикации статей и тезисов конференций. Все научные и прикладные результаты диссертации получены автором лично. Формулировка выводов выполнена самостоятельно в тесном взаимодействии с научным руководителем.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и приложения. Объем работы составляет 222 страницы текста (без приложения), включает 92 рисунка и 65 таблиц. Список литературы содержит 216 наименований работ.

Соответствие паспорту специальности. Работа соответствует паспорту научной специальности 1.6.12. Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов: п. 2. Структура, функционирование, динамика ландшафтов; п. 9. Геохимия ландшафтов и гидрохимия ландшафтов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении: обоснована актуальность темы диссертации; определены цель, задачи, объект и предмет исследования; сформулированы основные положения, выносимые на защиту; обоснованы научная новизна и практическая значимость, достоверность результатов; описаны методология и методы исследования, а также представлены сведения об апробации результатов работы.

Первая глава содержит описание известных научно-методологических подходов к исследованию ландшафтной организации речных бассейнов, а также анализ гидрохимической изученности и экологического мониторинга бассейна р. Малка.

Вторая глава содержит описание физико-географических факторов бассейна р. Малка.

Третья глава содержит описание материалов и методов исследования, применяемых в работе. Для определения морфологических параметров меандрирования р. Малка сопоставлялись электронная Яндекс карта (2024 г.) и оцифрованные исторические топографические материалы: карта Кавказского края (1877 г.), военно-топографическая карта Кавказа и Кубани (1943 г.). По известным методикам рассчитывались основные линейные и угловые параметры.

Пробы аллювия и воды отбирали стандартными методами. Образцы аллювия брали в декабре 2016 г. и январе 2023 г. Пробы воды брали в период 2015-2023 гг., ежемесячно синхронно в четырёх пунктах (таблица 1), всего отобрано 432 пробы. В 2023 г. ежемесячно отбирали пробы воды подземного источника расположенного на пойменном участке р. Малка в нижнем течении (43,737230; 44,057866).

Таблица 1 – Пункты отбора проб воды

№ пункта	Водный объект	Координаты
1	р. Малка до впадения притока – р. Баксан	43,735690; 44,058532
2	р. Малка после впадения притока – р. Баксан	43,735773; 44,077165
3	р. Малка (устье) перед впадением в р. Терек	43,745245; 44,232442
4	р. Баксан (устье) перед впадением в р. Малка	43,729278; 44,061937

Минеральный состав аллювия определяли в лаборатории ЦКП КБГУ «Рентгеновская диагностика материалов». Анализ проб воды проводили в лабораториях аналитической и фармацевтической химии КБГУ по стандартным методикам.

Химический сток и модуль стока рассчитывали на основе данных о концентрациях веществ и водном стоке за определённый период времени. С целью выявления антропогенной изменчивости химического стока современный период наблюдений был разбит на два временных отрезка: условно-фоновый (2015-2019 гг.) и текущий (2020-2023 гг.). Для проведения регрессивного анализа, в качестве исторического фонового выбран период начала 40-х годов XX века. Нарушенность ионного стока определяли как относительное изменение среднегодового значения ионного стока за определённый период времени. Для оценки антропогенной составляющей ионного стока использовали метод «реперов».

Четвертая глава содержит анализ влияния геолого-геоморфологических факторов на особенности русловых процессов р. Малка.

Формирование русловых форм рельефа в пойме р. Малка. Анализ спутниковых карт Яндекс показал, что для верховьев реки, свойственно ограниченное и незавершенное меандрирование. Пойменная многорукавность распространена в среднем и нижнем течениях на предгорной и равнинной территориях. Признаком повышенной аккумуляции служит образование островов, в настоящее время их 185 со средней площадью 34 127 м². Между островами сформировалось около 300 осередок со средней площадью 8 719 м², присутствуют плёсы и перекаты.

Определение параметров меандрирования русла р. Малка. Для оценки горизонтальных деформаций, которые претерпевает русло, рассчитаны линейные и угловые морфологические параметры. В верхнем течении большинство показателей изменились не значительно, процесс деформации русла происходит медленно в связи с залеганием интрузивных горных пород. В среднем и нижнем течениях преобладает свободное меандрирование, связанное с русловыми деформациями, которым не препятствуют коренные породы.

Пятая глава содержит результаты исследования трансформации термического и гидрологического режимов бассейна нижнего течения р. Малка.

Влияние климатических изменений на температуры воздуха и речной воды. Анализ динамики среднемесячных температур воздуха, рассчитанных на основании обработки 50 977 измерений за 2006-2023 гг., показал, что их величина неравномерно, но постоянно нарастала, что более заметно при сравнении данных полученных для современного и исторического фонового периодов (таблица 2).

Таблица 2 – Среднемесячная температура воздуха в современном и историческом фоновом периодах

Годы	Среднемесячная многолетняя температура воздуха, °С											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2006-2023	-1,7	0,3	5,4	11,8	17,5	22,2	25,1	24,4	19,0	11,0	5,1	0,1
1912-1930*	-5,2	-3,3	2	8,7	15,6	20,2	23	22,5	16,2	10,6	2,7	-2,2
Прирост	3,5	3,6	3,4	3,1	1,9	2,0	2,1	1,9	2,8	0,4	2,4	2,3

*Справочник по водным ресурсам СССР. Т. 10: Северный Кавказ / под ред. Б.Л. Гржегоржевского. - Ленинград : редакционно-издательский отдел ЦУЕГМС, 1936. - 1095 с

Рассчитанные нами значения среднегодовых, минимальных, максимальных температур, и их внутригодовых амплитуд, свидетельствует об устойчивом росте температуры воздуха (рисунок 1а).

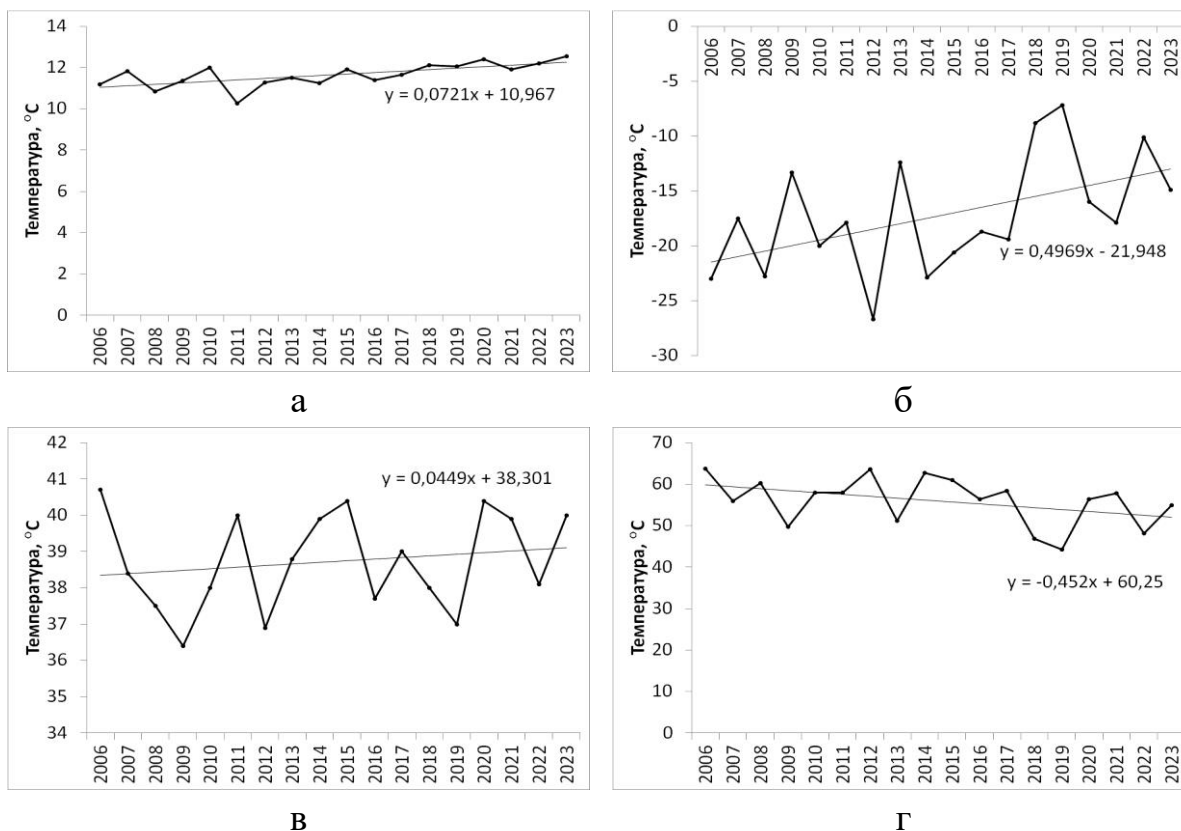
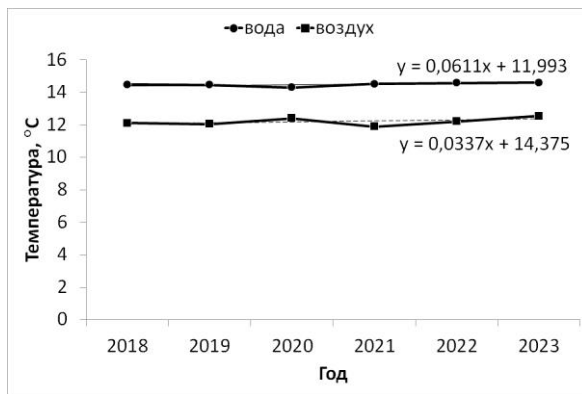


Рисунок 1 – Динамика среднегодовой (а), минимальной (б), максимальной (в) и внутригодовой амплитуды (г) температур воздуха

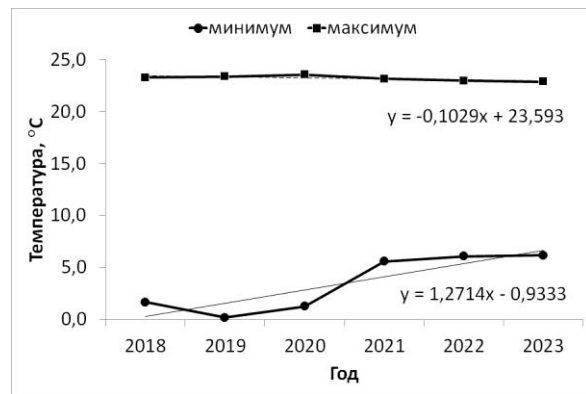
По сравнению с началом периода наблюдений температура воздуха увеличилась на 0,76 °C. Среднегодовая многолетняя температура воздуха в современном периоде 11,7 °C, в фоновом историческом периоде она составляла 9,2 °C, т.е. за прошедшее столетие она возросла на 2,5 °C. Это произошло вследствие роста минимальных (рисунок 1б) и максимальных (рисунок 1в) температур, причем первые растут быстрее. Общее повышение температуры воздуха сопровождается уменьшением амплитуды (рисунок 1г). Распределение температур по сезонам года становится более равномерным.

В современном периоде 2018-2023 гг. наблюдается рост среднегодовых температур воды р. Малка и воздуха (рисунок 2а). Увеличение среднегодовой температуры воды на 0,15 °C произошло за счет повышения минимальных температур (рисунок 2б). Амплитуды температур воды (рисунок 2в) и воздуха (рисунок 1г) имеют отрицательную динамику. Полученные данные показывают, что глобальное потепление трансформирует локальный термический режим на территории бассейна нижнего течения р. Малка.

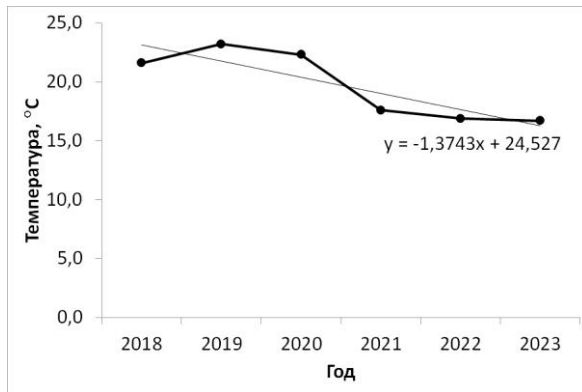
Трансформация уровенного и водного режимов р. Малка в нижнем течении. Анализ многолетней динамики среднегодовых, минимальных, максимальных и амплитуд расходов р. Малка за 2015-2023 гг., показывает, что их величина неравномерно, но постоянно снижается (рисунок 3).



а

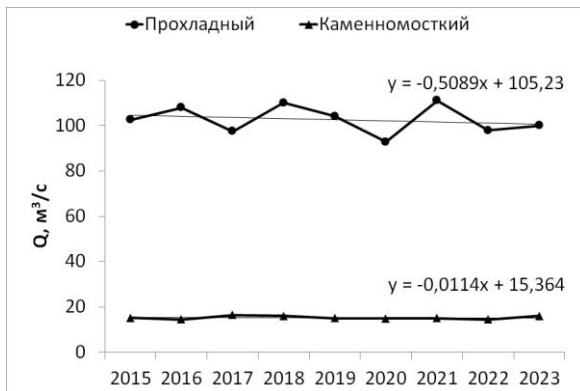


б

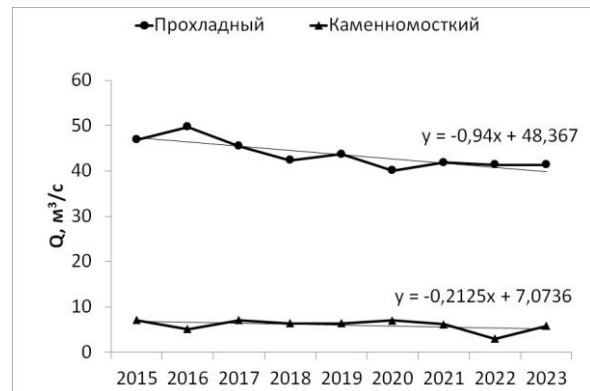


в

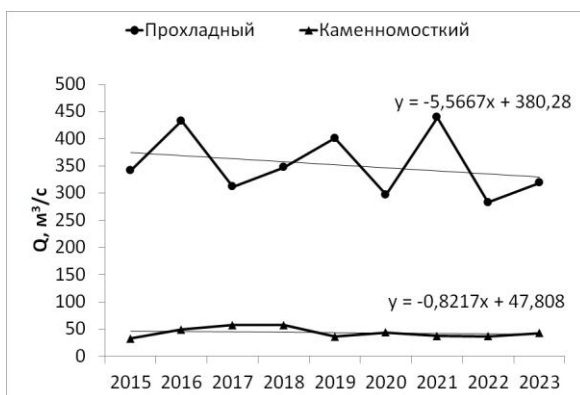
Рисунок 2 – Динамика среднегодовых температур воды и воздуха (а), минимальной и максимальной (б) и амплитуды температуры воды (в)



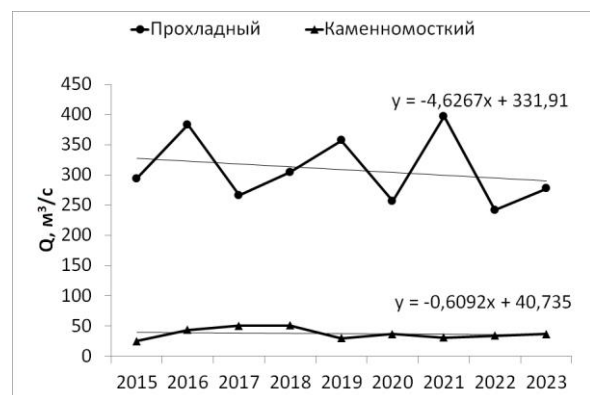
а



б



в



г

Рисунок 3 – Динамика среднегодовых (а), минимальных (б), максимальных (в) и амплитуд (г) расходов р. Малка

Тенденция к снижению максимальных расходов более выражена. Уменьшение значений амплитуд проявляется как в верхнем течении (с. Каменноостское), практически не подверженном прямому антропогенному воздействию, так и в нижнем (ст. Прохладная), где имеется вмешательство человека в гидрологический режим реки. Это позволяет сделать вывод о влиянии климатических изменений на сокращение сезонности водного стока.

Шестая глава содержит результаты исследования гидрохимических особенностей бассейна нижнего течения р. Малка.

Химический состав аллювиальных отложений. В составе аллювия обнаружены минералы: лепидокрокит, клинотоберморит, уолстромит, уранинит, партеит, гидраргиллит, кремнезем, святославит, клиноэнстатит, купрориваит, перовскит, магнетит, пегматит. В составе мелкой фракции берегового ила обнаружены минералы барисилит, полевой шпат, кентролит, лепидокрокит. В составе крупной фракции – самородный висмут, святославит, лепидокрокит, купрориваит.

Пространственно-временная динамика основных гидрохимических показателей. Нами определены среднемесячные многолетние значения основных гидрохимических показателей за период 2015-2023 гг. (рисунок 4).

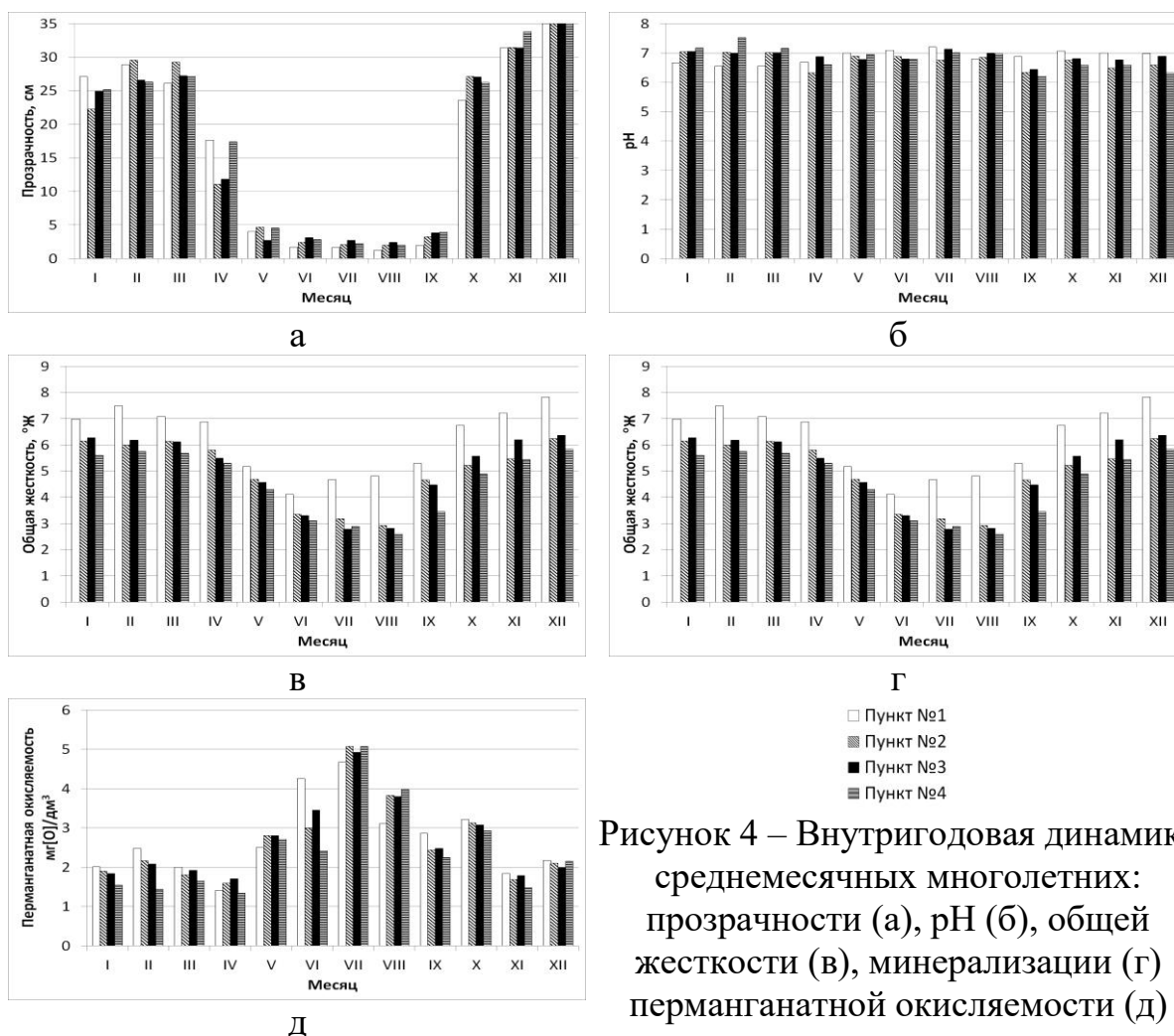


Рисунок 4 – Внутригодовая динамика среднемесячных многолетних: прозрачности (а), рН (б), общей жесткости (в), минерализации (г) перманганатной окисляемости (д)

Прозрачность воды меняется в зависимости от сезона и тесно связана с расходом и уровнем воды (рисунок 4а). Высокая мутность рек Малка и Баксан в период половодья связана с наличием легкоразмываемых сланцево-песчаных юрских пород, отложений известняков и глин. Внутригодовая динамика значений рН (рисунок 4б) имеет волнообразный характер: максимум щелочности приходится на период межени, а наиболее кислая среда отмечается в половодье. Общая жесткость воды достигает наибольшего значения в период межени и наименьшего в период паводка (рисунок 4в). Заметна большая разница в величинах общей жесткости воды из пунктов №1 и №2. В пунктах №2 и №3, в большинстве случаев, жесткость отличается не значительно. Это обусловлено влиянием р. Баксан, вода, которой менее жесткая. Максимальное количество растворённых веществ в воде р. Малка содержится в период межени, когда питание реки осуществляется грунтовыми водами, и расход воды наименьший (рисунок 4г). Минерализация воды по мере приближения к устью снижается. Причиной этого, является впадение в р. Малка притока р. Баксан, воды которой менее минерализованы. Минимальные значения перманганатной окисляемости во всех пунктах отмечаются в апреле, максимальные – в июле (рисунок 4д).

Нами рассчитаны среднегодовые значения основных гидрохимических показателей воды (рисунок 5). Воды р. Баксан, обладают нейтрализующим эффектом, по отношению к водам р. Малка, снижая их кислотность (рисунок 5а). Общая жесткость (рисунок 5б) и минерализация (рисунок 5в) растут во всех четырёх пунктах отбора проб.

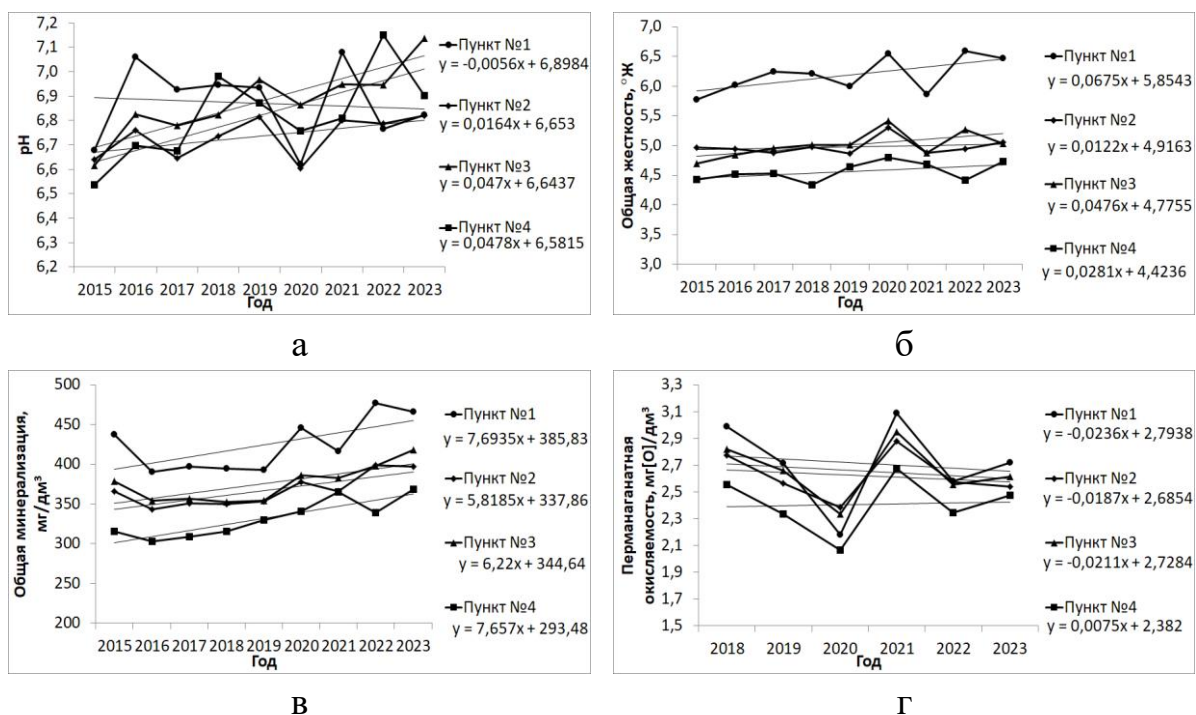


Рисунок 5 – Динамика среднегодовых значений рН (а), общей жесткости (б), минерализации (в), перманганатной окисляемости (г)

Такая тенденция связана с влиянием климатических факторов, ведущих к постепенному уменьшению расходов воды в р. Малка и некоторому увеличению доли более жестких грунтовых вод в питании реки. Среднегодовые значения перманганатной окисляемости (рисунок 5г) уменьшаются в нижнем течении р. Малка и растут в устье р. Баксан.

Пространственно-временная динамика концентраций и стока главных анионов. Нами определены среднемесячные многолетние концентрации главных анионов за период 2015-2023 гг. (рисунок 6).

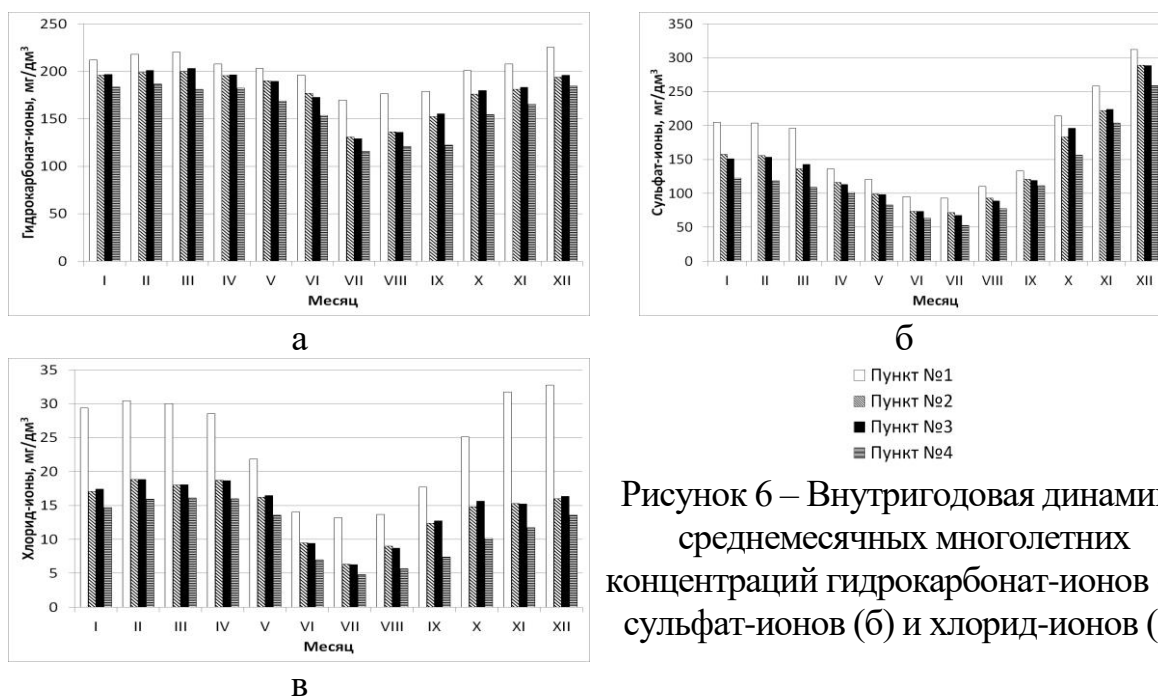


Рисунок 6 – Внутригодовая динамика среднемесячных многолетних концентраций гидрокарбонат-ионов (а), сульфат-ионов (б) и хлорид-ионов (в)

Наибольшие концентрации главных анионов зафиксированы в период межени, что, объясняется грунтовым питанием рек Малка и Баксан, минимальные – в период половодья. По мере приближения к устью, после впадения притока р. Баксан они уменьшаются. В период межени, когда в питании обеих рек преобладает грунтовая составляющая, разность концентраций гидрокарбонатов и сульфатов не большая, и вниз по течению меняется незначительно. Разность концентраций хлоридов остается существенной в течение всех сезонов.

Анализ динамики среднегодовых значений концентрации главных анионов (рисунок 7) показывает, что имеется тенденция к их росту во всех четырех пунктах отбора проб. Сезонное распределение объемов стока главных анионов соответствует изменению водности рек и типа питания в основные сезоны года. Приток р. Баксан вносит около 75% общего объема гидрокарбонатов, выносимых р. Малка, более 70% - сульфатов, и около 64% хлоридов. В текущем периоде, по сравнению с условно фоновым, значения нарушенности стока ионов HCO_3^- и Cl^- достаточно низкие – около 2%, сток SO_4^{2-} показал прирост на 11,2% в пункте №1. В современном периоде, по сравнению с историческим фоновым, сток гидрокарбонатов не

претерпел значительных изменений, сток сульфатов увеличился на 13,5%, сток хлоридов увеличился на 68%.

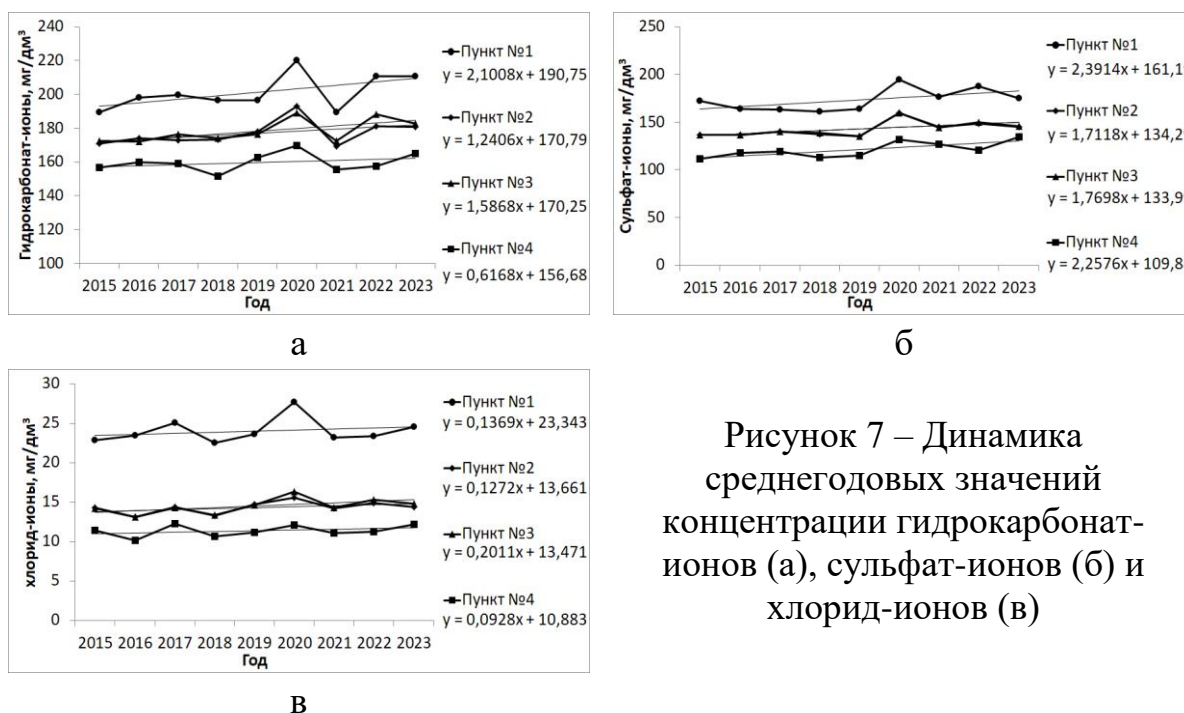
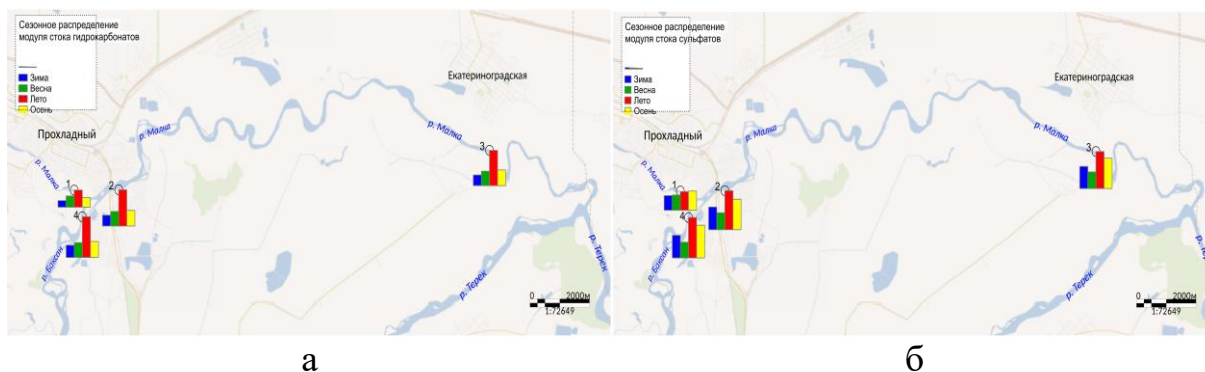


Рисунок 7 – Динамика среднегодовых значений концентрации гидрокарбонат-ионов (а), сульфат-ионов (б) и хлорид-ионов (в)

Антропогенная составляющая стока сульфатов в современном периоде составляет 16%, стока хлоридов – 43%, что свидетельствует о интенсивном влиянии антропогенных факторов. Увеличение стока сульфатов и хлоридов может быть обусловлено повышенным содержанием их в промышленно-бытовых сточных водах и дренажных стоках с орошаемых территорий.

Для визуализации территориальной дифференциации, сезонной изменчивости и структуры модуля стока главных анионов в нижнем течении р. Малка построены тематические карты (рисунок 8). Во всех пунктах отбора проб преобладающими ионами являются гидрокарбонаты (рисунок 8г). Вторым по количественному вкладу является сульфат-ион. Вклад хлорид-ионов наименьший. В отличие от гидрокарбонатов, вклад сульфатов и хлоридов уменьшается вниз по течению реки.



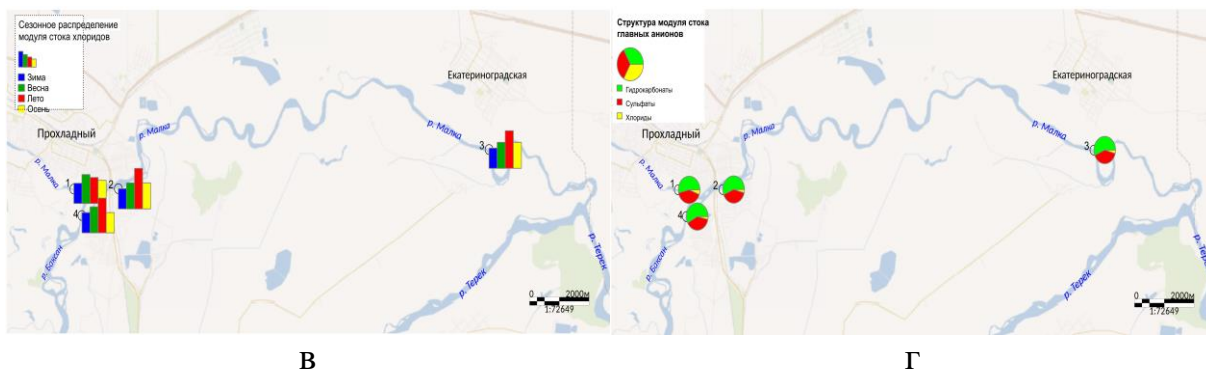


Рисунок 8 – Пространственная и сезонная изменчивость модуля стока гидрокарбонатов (а), сульфатов (б), хлоридов (в) и структуры модуля стока главных анионов (г)

Пространственно-временная динамика концентраций и стока биогенных веществ: нитраты, нитриты, соединения железа. Нами определены среднемесячные многолетние концентрации основных биогенных веществ за период 2018-2023 гг. (рисунок 9).

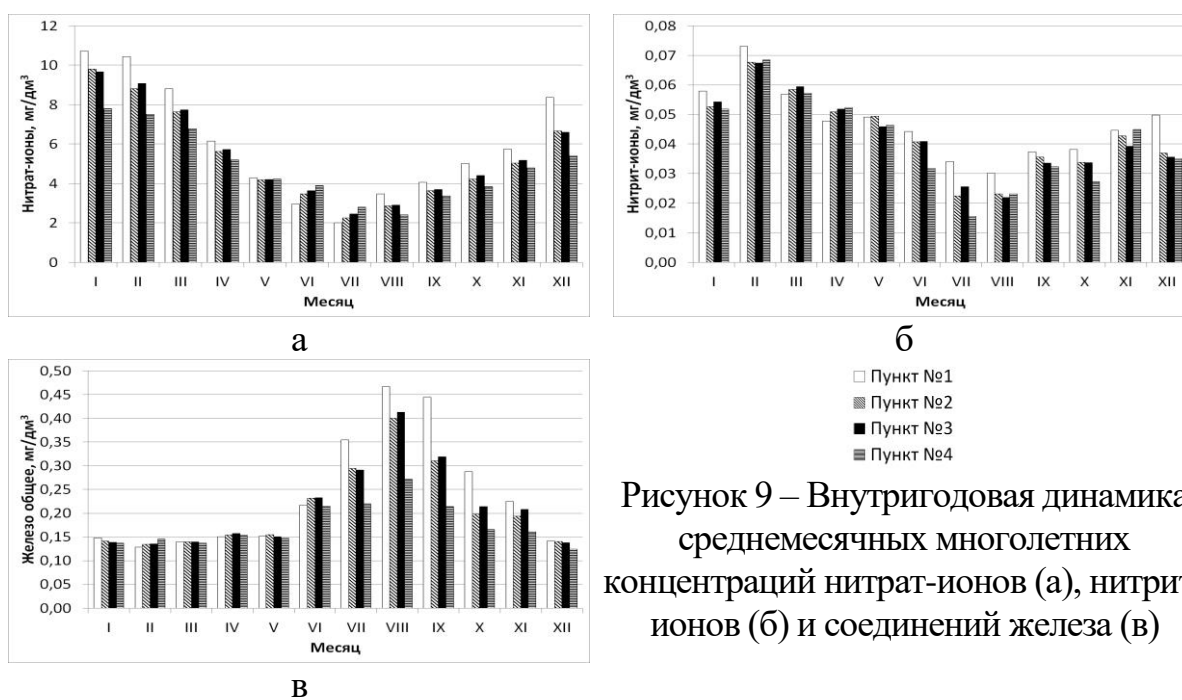
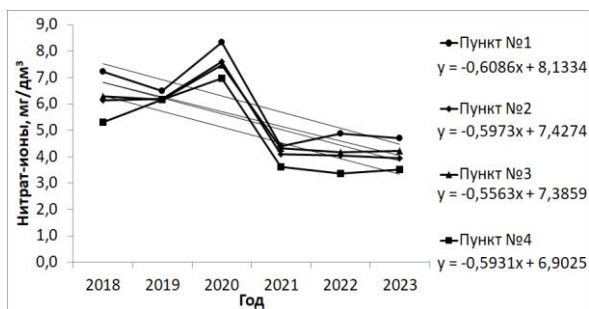


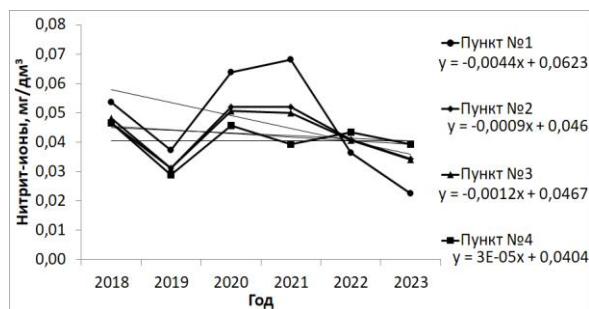
Рисунок 9 – Внутригодовая динамика среднемесячных многолетних концентраций нитрат-ионов (а), нитрит-ионов (б) и соединений железа (в)

Наибольшие концентрации нитратов отмечаются в период межени, наименьшие – в период половодья. Для нитритов тенденция аналогичная, но с большим разбросом появления высоких концентраций по месяцам в течение одного периода. В противоположность соединениям азота, наибольшие концентрации соединений железа, фиксируются в период половодья.

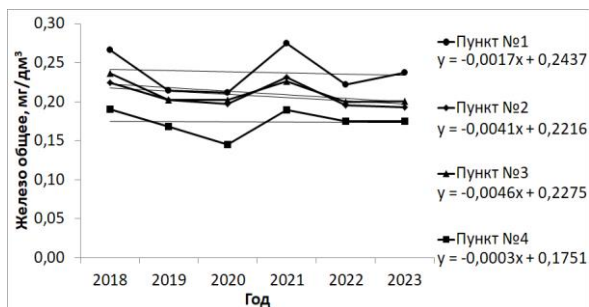
Анализ динамики среднегодовых концентраций биогенных веществ показывает, что имеется тенденция к их уменьшению в реках Малка и Баксан, но с различной интенсивностью (рисунок 10).



а



б



в

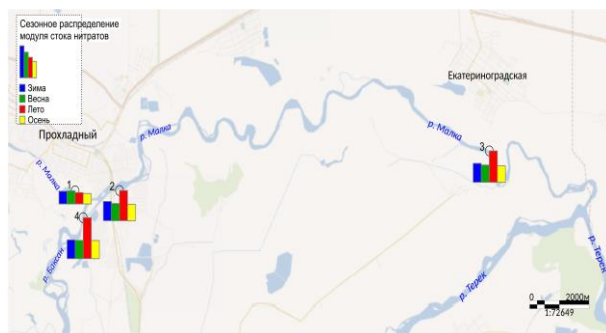
Рисунок 10 – Динамика среднегодовых значений концентраций нитрат-ионов (а), нитрит-ионов (б) и соединений железа (в)

Вклад р. Баксан в формирование общего годового объема стока р. Малка в р. Терек составляет: нитратов около 80%, нитритов 74%, соединений железа 67%.

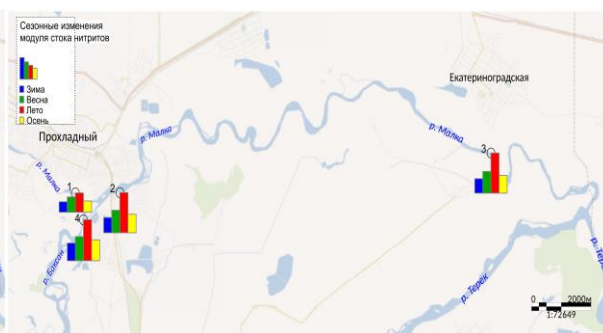
Расчет нарушенности стока показал, что в современном периоде, по сравнению с историческим фоновым, сток общего железа увеличился на 140%, антропогенная составляющая 60%, что свидетельствует о высоком влиянии антропогенных факторов.

Расчет модуля стока показывает, что минимальное количество нитратов выносятся реками Малка и Баксан осенью. Меньше всего нитритов и соединений железа выносятся р. Малка зимой. Максимум приходится на лето.

Для визуализации территориальной дифференциации, сезонной изменчивости и структуры модуля стока биогенных веществ в нижнем течении р. Малка построены тематические карты (рисунок 11).



а



б



Рисунок 11 – Пространственно-временная изменчивость модуля стока нитратов (а), нитритов (б), соединений железа (в) и структура модуля стока биогенных веществ (г)

В структуре модуля стока биогенных веществ, во всех пунктах отбора проб, преобладают нитраты – около 94%. Вклад общего железа составляет около 5%, нитритов – около 0,8%, при этом они показывают наибольшую амплитуду значений во времени.

Химический состав подземных вод и их значение в формировании стока главных анионов и биогенных веществ. Установлено, что физико-химические характеристики воды подземного источника в течение года меняются не значительно: температура 14,7 °С; расход 4,66 дм³/с; рН 6,55 (нейтральная); минерализация 307 мг/дм³ (пресная); жёсткость 3,92 °Ж (средняя); перманганатная окисляемость 1,89 мг[О]/дм³. Среднегодовые концентрации: HCO₃⁻ 140 мг/дм³, Cl⁻ – 10,18 мг/дм³, SO₄²⁻ – 135 мг/дм³, NO₂⁻ – 0,0014 мг/дм³, NO₃⁻ – 1,6067 мг/дм³, соединений железа – 0,0862 мг/дм³. Качественный микроэлементный состав в течение года не изменялся и включал: Cu, Rb, Co, Zn, Eu, Ag, V.

Расчет показал, что подземная составляющая химического стока р. Малка, формирующаяся за счет вод МПВ расположенных на участке в нижнем течении не велика: гидрокарбонаты около 5%, хлориды – 3%, сульфаты – 6%, нитриты – 0,2%, нитраты – 2%, соединения железа – 2%. Подземные воды, питающие р. Малка относящиеся к средним и крупным углекислым, и к мелким пресным МПВ располагаются в верхнем течении, на участке между впадением притоков Хасаут и Кичмалка, большая часть ингредиентов химического стока, поступающего с подземным питанием реки, обеспечивается этими водами.

Хозяйственное освоение долинных ландшафтов рек Малка и Баксан. Экологическое состояние поймы р. Малка в нижнем течении во многом определяется степенью хозяйственного освоения долинных ландшафтов её главного притока р. Баксан. Экологическую ситуацию, сложившуюся в верховьях р. Малка на территории ландшафтов горной местности, с учетом отсутствия крупных промышленных и сельскохозяйственных предприятий, можно считать условно благоприятной. Наиболее неблагоприятная ситуация складывается на территории ландшафтов равнинной местности, где ведется не только

сельскохозяйственная деятельность но и интенсивно развивается промышленность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований сформулированы следующие выводы о влиянии физико-географических факторов на гидролого-гидрохимические особенности р. Малка в современном периоде.

1. Особенности процессов формирования русловых форм рельефа в пойме р. Малка обусловлены геохимическими условиями и геологическим строением территории. На участках в верхнем течении сложенном интрузивными горными породами русловые процессы протекают медленно, по типу ограниченного меандрирования с преобладанием вертикальной эрозии. В среднем и нижнем течениях, сложенных осадочными горными породами, преобладает свободное меандрирование и пойменная многорукавность, русловые процессы протекают более интенсивно.

2. Глобальное потепление трансформирует локальный термический режим на территории бассейна нижнего течения р. Малка, и ведет к формированию более мягкого местного климата. В современном периоде (2006-2023 гг.) среднегодовая температуры воздуха увеличилась на $0,76^{\circ}\text{C}$, а по сравнению с историческим фоновым периодом (1912-1930 гг.) – на $2,5^{\circ}\text{C}$, в основном, за счет повышения минимальных температур, что отразилось на структуре питания реки.

3. Климатические изменения трансформируют водный режим р. Малка, особенно в нижнем течении, что проявляется в снижении с 2015 по 2023 гг. среднегодовых расходов на 4%, уменьшении амплитуд расходов и ослаблении сезонности речного стока.

4. Анализ пространственно-временной динамики основных гидрохимических показателей воды в бассейне нижнего течения р. Малка, показал, что: прозрачность тесно взаимосвязана с расходом и уровнем воды; среднегодовые значения общей жесткости и минерализации возрастают, в связи с постепенным уменьшением расходов и повышением интенсивности грунтового питания.

5. Исследованы особенности гидрохимического режима и стока главных анионов и основных биогенных веществ в нижнем течении р. Малка, заключающиеся в том, что в современном периоде: растут среднегодовые концентрации гидрокарбонатов, сульфатов и хлоридов; уменьшаются среднегодовые концентрации нитратов, нитритов и соединений железа. Значимым фактором, определяющим динамику общего химического стока р. Малка, является приток р. Баксан, который привносит около 75% гидрокарбонатов, 70% сульфатов, 63% хлоридов, 80% нитратов, 74% нитритов, 67% соединений железа. Антропогенная составляющая в стоке р. Малка по сульфатам составляет 16%, хлоридам – 43%, соединениям железа – 60%.

6. Подземная составляющая химического стока р. Малка, формирующаяся за счет вод МПВ расположенных на участке в нижнем течении не велика, и составляет около: 5% гидрокарбонатов, 6% сульфатов, 3% хлоридов, 2% нитратов, 2% соединений железа и 0,2% нитритов.

Полученные результаты могут быть использованы при решении таких актуальных задач, как прогнозирование изменения химического состава речных вод и разработка экологически обоснованных мероприятий, направленных на сохранение и восстановление естественного функционирования речных бассейнов.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в научных изданиях, входящих в Перечень ВАК

1. Шагин, С. И. Геоэкологическая характеристика участка реки Малка от города Прохладный до устья / С. И. Шагин, **М. А. Шамарина**, Н. В. Татаренко // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2020. – № 3. – С. 72-77. – DOI 10.17308/geo.2020.3/3026. К2

2. **Шамарина, М. А.** Исследование химического состава воды подземного источника, расположенного на пойменном участке реки Малка в нижнем течении / **М. А. Шамарина** // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле. – 2024. – Т. 24, № 1. – С. 32-40. – DOI 10.18500/1819-7663-2024-24-1-32-40. К2

3. **Шамарина, М. А.** Исследование химического состава аллювиальных отложений на пойменном участке реки Малка в нижнем течении / **М. А. Шамарина**, В. А. Квашин, З. А. Жаникаева // Известия Кабардино-Балкарского государственного университета. – 2024. – Т. 14, № 1. – С. 101-105. К3

4. **Шамарина, М. А.** Природно-ресурсные особенности бассейна реки Малка / **М. А. Шамарина** // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2024. – № 3. – С. 29-34. – DOI 10.17308/geo/1609-0683/2024/3/29-34. К2

5. **Шамарина, М. А.** Внутригодовая динамика химического состава воды в устье реки Баксан / **М. А. Шамарина** // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2024. – № 3(223). – С. 132-140. – DOI 10.18522/1026-2237-2024-3-132-140. К2.

6. **Шамарина, М. А.** Пространственно-временная изменчивость химического состава воды реки Малка в нижнем течении / **М. А. Шамарина**, Н. В. Кондратьева, В. А. Квашин // Грозненский естественнонаучный бюллетень. – 2024. – Т. 9, № 3(37). – С. 52-63. – DOI 10.25744/genb.2024.37.3.008. К2

Публикации в сборниках трудов конференций

7. **Шамарина, М. А.** Формирование русловых форм рельефа в долине реки Малка в районе города Прохладного / **М. А. Шамарина** // Теория и практика современных географических исследований : материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 220-летию выдающегося русского мореплавателя, географа, вице-председателя Русского географического общества Ф.П. Литке в рамках XIII Большого географического фестиваля / под редакцией: д.г.н. Дмитриев В. В., д.г.н. Чистяков К. В., к.г.н. Житин Д. В. [и др.]. – Санкт-Петербург: Свое издательство, 2017. – С. 64-66.

8. **Шамарина, М. А.** Формирование аллювиальных наносов в долине реки Малка в районе города Прохладного / **М. А. Шамарина** // Перспектива-2017 : материалы Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Нальчик, 21-24 апреля 2017 г. : в 4 т. Т. 1. – Нальчик: Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, 2017. – С. 367-371. – EDN XOTROL.

9. **Шамарина, М. А.** Особенности гидрологического режима реки Малка в районе города Прохладного / **М. А. Шамарина** // Перспектива – 2019 : международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Нальчик, 26-29 апреля 2019 г. : материалы конференции : в 4 т. Т. 1. – Нальчик: Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, 2019. – С. 390-394. – EDN IOGIBG.

10. **Шамарина, М. А.** Формирование аллювиальных наносов в долине реки Малка в районе города Прохладного / **М. А. Шамарина** // Теория и практика современных географических исследований : материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 180-летию российского путешественника и натуралиста, исследователя Центральной Азии Н. М. Пржевальского в рамках XV Большого географического фестиваля : сборник статей / [под редакцией: д. г н. Дмитриев В. В.; д. п. н., к. г н. Жиров А. И.; д. г н. Чистяков К. В. и др. ; отв. редактор: Краснов А. И.]. – Санкт-Петербург; Москва: Каллиграф, 2019. – С. 88-90. – Режим доступа: https://pureportal.spbu.ru/files/84922254/Sbornik_XV_Bolshogo_geograficheskogo_festivalya_compressed.pdf (дата обращения 09.12.2025)

11. **Шамарина, М. А.** Особенности гидрологического режима пойменного участка реки Малка / **М. А. Шамарина, С. И. Шагин** // География: развитие науки и образования : коллективная монография по материалам ежегодной международной научно-практической конференции LXXIII Герценовские чтения, 22-25 апреля 2020 года : в двух томах. Т. 1 / Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, Факультет географии [и др.] ; ответственные редакторы: С. И. Богданов, Д. А. Субетто, А. Н. Паранина. – Санкт-Петербург: Астерион; Издательство РГПУ им. А. И. Герцена, 2020. – С. 366-369. – EDN UFKLPK.

12. **Шамарина, М. А.** Классификация ландшафтов участка реки Малка от города Прохладного до устья / **М. А. Шамарина, Р. С. Жидков, А. Р. Акаев** // Перспектива–2021 : материалы международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Эльбрус, 23-30 апреля 2021 г. : в 5 т. Т. 2. – Нальчик: Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, 2021. – С. 314-319. – EDN KJNBGL.

13. **Шамарина, М. А.** Микроклимат участка реки Малка от города Прохладный до устья / **М. А. Шамарина, Р. С. Жидков, А. Р. Акаев** // Перспектива–2021 : материалы международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Эльбрус, 23-30 апреля 2021 г. : в 5 т. Т. 2. – Нальчик: Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, 2021. – С. 320-323. – EDN YNNXBF.

14. **Шамарина, М. А.** Экологическое состояние участка реки Малка / **М. А. Шамарина, С. И. Шагин, А. Р. Акаев, Р. С. Жидков** // Современные проблемы биологии и экологии : материалы докладов III Международной научно-практической конференции, посвящённой 80-летию со дня рождения Исмаилова Шейха Ибрагимовича, Махачкала, 4-5 марта 2021 г. – Махачкала: Дагестанский государственный педагогический университет, 2021. – С. 443-446. – EDN IZPAIR.

15. **Шамарина, М. А.** Геоэкологическая ситуация пойменно-долинных ландшафтов участка реки Малка от города Прохладного до устья / **М. А. Шамарина, С. И. Шагин** // География: развитие науки и образования : сборник статей по материалам ежегодной международной научно-практической конференции LXXIV Герценовские чтения, 21-23 апреля 2021 года : в двух томах. Т. 1 / Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, Факультет географии [и др.] ; ответственные редакторы: С. И. Богданов, Д. А. Субетто, А. Н. Паранина. – Санкт-Петербург: Издательство РГПУ им. А. И. Герцена, 2021. – С. 130-133. – EDN KQQRAG.

16. **Шамарина, М. А.** Гидрогеохимические условия экосистемы участка реки Малка от города Прохладный до устья в условиях антропогенной нагрузки / **М. А. Шамарина, Н. В. Кондратьева, В. А. Квашин** // Сборник материалов участников XIX Большого географического фестиваля, посвящённого 220-летию со дня начала первой русской кругосветной экспедиции под руководством И. Ф. Крузенштерна и Ю. Ф. Лисянского (1803- 1806 гг.) / [под редакцией: Банцев Д. В.; Волков И. В.; Воронцова Е. А. и др. ; отв. редактор: Краснов А. И.]. – Санкт-Петербург: Свое издательство, 2023. – С. 437-441. – Режим доступа: https://pureportal.spbu.ru/files/108721576/Sbornik_XIX_Bolshogo_geograficheskogo_festivalya_2023.pdf (дата обращения 09.12.2025)

17. **Шамарина, М. А.** Изучение водного и уровня режимов реки Малка в период 2018–2022 гг. / **М. А. Шамарина, В. А. Квашин, А. Р. Акаев** // Водные ресурсы в условиях глобальных вызовов: экологические проблемы, управление, мониторинг : сборник трудов Всероссийской

научно-практической конференции с международным участием, 20-22 сентября 2023 г. : [в 2 томах]. Т. 2. – Ростов-на-Дону; Новочеркасск: Лик, 2023. – С. 164-170.

18. **Шамарина, М. А.** Гидрогеохимические условия пойменно-долинных ландшафтов участка реки Малка от города Прохладный до устья / **М. А. Шамарина** // Актуальные проблемы наук о Земле : материалы X (67-ой) ежегодной научно-практической конференции Северо-Кавказского федерального университета "Университетская наука - региону". – Ставрополь: Бюро новостей, 2023. – С. 255-260. – Режим доступа: https://ncfu.ru/upload/medialibrary/092/s87jf411390jps30dw38sp6wdhtb9s9w/2023_INoZ_03-UNR_compressed.pdf (дата обращения 09.12.2025)

19. **Шамарина, М. А.** Особенности пространственно-временного распределения биогенных веществ в нижнем течении р. Малка / **М. А. Шамарина, Н. В. Кондратьева, В. А. Квашин** // Географические проблемы развития стран и регионов : сборник материалов III международной научно-практической конференции / редакционная коллегия: Н. А. Щитова (председатель) [и др.]. – Ставрополь : Издательство Северо-Кавказского федерального университета, 2024. – С. 298-304.