

ОБЗОР
ФОНОВОГО СОСТОЯНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ
НА ТЕРРИТОРИИ СТРАН СНГ ЗА 2022 Г.

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ИНСТИТУТ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА И ЭКОЛОГИИ
имени академика Ю.А. Израэля



ИГКЭ

ОБЗОР
ФОНОВОГО СОСТОЯНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ
НА ТЕРРИТОРИИ СТРАН СНГ ЗА 2022 г.

Под редакцией
профессора Г.М. Черногаевой

2023

УДК 551.510.42

В Обзоре представлены обобщенные результаты фонового мониторинга состояния природной среды на территории стран СНГ за 2022 г. Обзор содержит данные об уровнях содержания загрязняющих веществ и тенденциях многолетних изменений измеряемых веществ в атмосфере и атмосферных выпадениях, в почве, растительности и поверхностных водах в фоновых районах, а также результаты экологической оценки состояния наземных и водных экосистем.

Обзор предназначен для государственных и общественных организаций, заинтересованных в получении и использовании информации о состоянии природной среды, а также рассчитан на широкий круг специалистов, работающих в области оценки загрязнения и охраны окружающей природной среды.

ISBN 978-5-9631-1097-3

© - Росгидромет, 2023 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля, 2022 г.

© - Перепечатка любых материалов из Обзора только со ссылкой на Росгидромет.

Для обложки использована фотография Бакуровой Эльвиры Юрьевны, снятая на Кучерлинском озере, Республика Алтай и занявшая призовое место в фотоконкурсе ФГБУ «ИГКЭ» «Природа России. Пейзажи», проходившего весной 2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
ПРЕДИСЛОВИЕ	4
ВВЕДЕНИЕ	5
1 АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ И ОСАДКИ	8
1.1 Фоновое содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе	8
1.2. Физические и химические характеристики атмосферы	12
1.2.1 Углекислый газ и метан	12
1.2.2 Общее содержание озона	15
1.2.3 Оптическая плотность и прозрачность атмосферы	20
1.2.4 Электрические характеристики приземного слоя атмосферы	24
1.3. Химический состав атмосферных осадков	28
1.3.1 Загрязняющие вещества в атмосферных осадках	28
1.3.2 Фоновый уровень ионного состава атмосферных осадков	30
1.4. Загрязнение воздуха и осадков соединениями серы и азота по данным станций мониторинга ЕАНЕТ	39
1.5. Выпадения серы и азота в результате трансграничного переноса загрязняющих воздух веществ.	42
1.6. Фоновый уровень выпадений серы и азота по данным о загрязнении снежного покрова в регионах Российской Федерации.	45
1.7. Выпадения серы и азота по результатам моделирования трансграничного загрязнения атмосферы в Европе (регион ЕМЕП)	48
2. ПОЧВА И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ	60
2.1 Фоновое содержание загрязняющих веществ в почвах и растительности по данным сети станций комплексного фонового мониторинга	60
2.2 Содержание загрязняющих веществ в почвах фоновых участков промышленных регионов по результатам наблюдательной сети Росгидромета	66
2.3 Оценка состояния лесных экосистем методами Международной совместной программы комплексного мониторинга	70
3. ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ	74
3.1. Фоновые уровни загрязняющих веществ по данным сети СКФМ	74
3.2. Состояние, тенденции и динамика изменения фонового состояния поверхностных вод Российской Федерации. Данные станций гидрохимических наблюдений	75
3.3 Содержание основных кислотообразующих веществ в поверхностных водах на станциях мониторинга ЕАНЕТ	81
3.4. Фоновое состояние пресноводных экосистем по гидробиологическим показателям	87
4 МНОГОЛЕТНЕЕ СОСТОЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ СРЕД НА СТАНЦИЯХ СКФМ СНГ	96
4.1. Березинский биосферный заповедник (Республика Беларусь)	96
4.2. СКФМ Боровое (Республика Казахстан)	98
4.3 СКФМ Чаткальский БЗ (Республика Узбекистан)	100
5 ФОНОВОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ НА ТЕРРИТОРИИ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА В ПЕРИОД 2016-2022 ГОДОВ	109
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	113
Список сокращений	116
Список авторов	117
Conclusions	118

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данный ежегодный обзор информации о фоновом состоянии окружающей природной среды на территории стран СНГ подготовлен в соответствии с решением 4-й сессии Межгосударственного совета по гидрометеорологии стран СНГ (Алматы, 11-17 октября 1993 г.) о сотрудничестве в области фонового мониторинга и двусторонними Программными соглашениями между Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и национальными гидрометеослужбами Беларусь, Казахстана и Узбекистана об обмене информацией и выпуске ежегодного "Обзора фонового состояния окружающей природной среды на территории стран СНГ". В соответствии с вышеуказанными документами Федеральному государственному бюджетному учреждению «Институт глобального климата и экологии Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и Российской Академии Наук» (сейчас ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля) поручены научно-методическое руководство работами, выполняемыми системой комплексного фонового мониторинга, ведение межгосударственного банка данных программы фонового мониторинга, подготовка материалов к выпуску ежегодного Обзора, обобщающего результаты наблюдений фонового состояния окружающей природной среды.

В представлении данных наблюдений и подготовке материалов к выпуску "Обзора фонового состояния окружающей природной среды на территории стран СНГ за 2022 г." приняли участие:

Росгидромет: ФГБУ «ИГКЭ» – обобщение и анализ данных станций комплексного фонового мониторинга (СКФМ), мониторинга трансграничного переноса загрязняющих воздух веществ (ЕМЕП), мониторинга кислотных выпадений в Восточной Азии (ЕАНЕТ), мониторинга химического состава снежного покрова (ХССП), оценка состояния пресноводных экосистем по гидробиологическим показателям; ФГБУ «ГГО» – результаты обработки и анализа данных станций наблюдений за общим содержанием озона в атмосфере, за содержанием диоксида углерода и метана в приземном слое воздуха, аэрозольной мутностью атмосферы, атмосферным электричеством, химическим составом и кислотностью атмосферных осадков на территории РФ; ФГБУ «ГХИ» – оценка фонового уровня загрязнения поверхностных вод суши на территории РФ. Также представлены данные НПО «Тайфун» о содержании загрязняющих веществ в почвах по результатам наблюдений на сети Росгидромета.

Белгидромет: Республиканский центр радиационного контроля природной среды – анализ проб, обработка и обобщение результатов наблюдений СКФМ в Березинском биосферном заповеднике (БЗ).

РПГ «Казгидромет» - данные о загрязнении природной среды на СКФМ «Боровое»

Агентство по Гидрометеорологии Республики Узбекистан - данные о загрязнении природной среды на СКФМ «Чаткальский БЗ»

Обзор подготовлен в рамках темы НИОКР АААА-А20-120020490070-3 «Развитие и модернизация методов и технологий комплексного фонового мониторинга и комплексной оценки состояния и загрязнения окружающей среды РФ и ее динамики (по интегрированным результатам сетей мониторинга Росгидромета)».

Обзор подготовлен к изданию редакционной группой в составе: Россия, ФГБУ «ИГКЭ» С.Г. Парамонов (руководитель группы), С.А. Громов.

Список авторов разделов текста Обзора представлен на стр.117.

ВВЕДЕНИЕ

Первый выпуск «Обзора фонового состояния окружающей природной среды в СССР» (за 1981 г.), заложивший основу регулярных публикаций данных системы фонового мониторинга, был издан в 1983 г. Система специализированных наблюдений за состоянием и загрязнением природной среды была необходима для отслеживания воздействия антропогенной деятельности на природные экосистемы, в том числе, на биологическое разнообразие, на обширной территории страны за пределами промышленных зон и городских агломераций, а также для своевременного выявления тенденций региональных и глобальных изменений в состоянии окружающей природной среды.

Концепция системы комплексного фонового мониторинга сформулирована академиком Ю.А. Израэлем в 1974 году. В начале 1980-х годов была создана сеть станций комплексного фонового мониторинга (КФМ) для реализации комплексного подхода к измерениям и оценке фонового состояния природной среды на территории СССР и стран Совета экономической взаимопомощи (СЭВ). Впервые в мире на огромной территории была реализована система мониторинга фонового загрязнения природных сред для наблюдений за основными глобальными загрязняющими веществами (ЗВ) в основных природных средах, включающая: унифицированную программу наблюдений; комплекс методов сбора, анализа и оценки данных наблюдений; сеть станций КФМ и аналитических центров. Создание системы осуществлялось совместными усилиями Гидрометеослужбы при Совете Министров СССР, Министерства сельского хозяйства СССР и Академии наук СССР в соответствии с рекомендациями I-го Международного конгресса по биосферным заповедникам (Минск, октябрь 1983 г.) и параллельно с организацией в СССР первой очереди биосферных заповедников (международная Программа ЮНЕСКО «Человек и биосфера» - МАБ).

Всего на территории СССР было создано 15 станций комплексного фонового мониторинга (СКФМ), преимущественно в государственных природных биосферных заповедниках (БЗ): Березинский БЗ (Белоруссия), Боровое (Казахстан, ныне в границах национального парка «Барубай»), Чаткальский БЗ, Сары-Челекский БЗ, Ледник Абрамова (Узбекистан), Репетекский БЗ (Туркмения), Прейла (Литва), Кавказский БЗ, Приокско-Террасный БЗ, Центрально-Лесной БЗ, Воронежский БЗ, Сихотэ-Алиньский БЗ, Астраханский БЗ, Баргузинский БЗ, Саяно-Шушенский БЗ (в РСФСР). В странах СЭВ были созданы СКФМ в ГДР, Венгрии, ЧССР, Польше, Болгарии.

В основу построения системы комплексного фонового мониторинга в нашей стране были положены следующие технологические и организационные принципы:

- размещение полигонов и пробных площадей СКФМ на особо охраняемых природных территориях (далее – ООПТ) федерального значения, входящих в систему биосферных резерватов программы ЮНЕСКО «Человек и Биосфера» (МАБ), что гарантирует долговременную правовую защиту природоохранного режима и отсутствие локальных источников загрязнения в местах наблюдений;

- ведение систематических наблюдений на СКФМ по стандартизованной программе, совмещающей измерение концентраций глобальных загрязняющих веществ в различных природных средах, проведение метеонаблюдений и иных сопутствующих измерений;

- соблюдение единой методологии измерения содержания загрязняющих веществ, включающей унифицированные методы отбора и химического анализа природных объектов на со-

держание загрязняющих веществ, комплекс пробоотборной аппаратуры и систему регулярного контроля качества данных со стороны научно-исследовательского центра;

- использование химических, геофизических и биологических методов при проведении исследований и мониторинга экосистем.

Результаты проводимого в течение более 30 лет фонового мониторинга достоверно показали присутствие глобальных загрязняющих веществ антропогенного происхождения (тяжелые металлы, пестициды, канцерогенные поликароматические углеводороды и др.) во всех природных средах на территориях заповедников. Были определены уровни концентраций ЗВ, выявлены некоторые закономерности их поступления и накопления на фоновом уровне в природных средах, описаны географические различия фоновых значений ЗВ в относительно чистых районах Европейской и Азиатской части страны.

Научно-исследовательским и координационным центром национальной системы КФМ с самого основания и по настоящее время является Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля» (ФГБУ «ИГКЭ») (до 1989 г. - Лаборатория мониторинга природной среды и климата Госкомгидромета и АН СССР). После распада СССР решением 4-ой сессии Межгосударственного совета по гидрометеорологии стран СНГ (Алматы, 11-17 октября 1993 г.) ФГБУ «ИГКЭ» было поручено научно-методическое руководство работами в системе КФМ, ведение межгосударственного банка данных фонового мониторинга и подготовка ежегодного Обзора фонового состояния окружающей природной среды на территории СНГ.

Настоящий выпуск продолжает тридцатилетнюю серию ежегодных публикаций о состоянии фонового загрязнения на территориях, расположенных на значительном удалении от крупных урбанизированных и промышленных центров в границах бывшего СССР.

По состоянию на 2022 год в России продолжают функционировать 5 специализированных станции национальной сети КФМ Росгидромета, расположенных в Приокско-Террасном, Воронежском, Астраханском, Алтайском и Кавказском БЗ. Продолжаются наблюдения на СКФМ в Березинском БЗ (Республика Беларусь). Кроме того, в 2022 г. по программе комплексного фонового мониторинга начала работать станция Мариинск, расположенная на Урале. Данные этих станций составляют информационную основу фонового мониторинга на территории России и стран СНГ.

Помимо информации КФМ в Обзоре фонового состояния окружающей природной среды на территории стран СНГ за 2022 год использованы данные, полученные на сети станций трансграничного переноса загрязняющих воздух веществ (ЕМЕП), станциях мониторинга кислотных выпадений в Восточной Азии (ЕАНЕТ) и сети специализированных станций Глобальной службы атмосферы (ГСА) Всемирной метеорологической организации. Станции, осуществляющие фоновые наблюдения за состоянием природных сред, расположены на ООПТ федерального значения или их охранных зон, некоторые из ООПТ имеют международный статус Объектов Всемирного природного наследия ЮНЕСКО (ОВПН). Состав сети фонового мониторинга Российской Федерации в 2022 году приведен в таблице 1. На рис 1.1 показано размещение станций, осуществляющих фоновый мониторинг в России и странах СНГ. В настоящем Обзоре также представлены данные экспедиционных исследований, проводимых в рамках выполнения работ по расширению сети СКФМ.

Основной задачей сети КФМ является выявление антропогенного воздействия на фоновое состояние окружающей природной среды на региональном и глобальном уровнях. Вместе с

тем, изменения последних десятилетий диктуют необходимость актуализации задач и деятельности системы КФМ, в том числе приведение её в соответствии с современными международными требованиями. Сеть станций КФМ, размещаемых на ООПТ федерального значения и имеющих международный статус, должна обеспечивать как национальные потребности в данных фонового мониторинга, так и выполнение международных обязательств Российской Федерации, в том числе в рамках Конвенции по трансграничному переносу загрязнений на большие расстояния Экономической комиссии ООН для Европы.

Интеграция Российской Федерации в программы международного сотрудничества в сфере охраны окружающей среды, подписание и реализация международных конвенций в области охраны природной среды и биоразнообразия ставит перед Правительством страны задачу осуществления постоянного мониторинга и периодической отчетности о состоянии объектов природного наследия. Сеть СКФМ на базе ООПТ федерального значения, имеющих международный статус, может стать важной составной частью единой государственной системы экологического мониторинга, обеспечить информационную поддержку при разработке и сопровождении масштабных проектов экономического и индустриального развития регионов.

Таблица 1. Состав сети фонового мониторинга Российской Федерации и стран СНГ в 2022 году

Станция мониторинга	Программа наблюдений	Федеральная ООПТ /Регион
Березинский заповедник	СКФМ,	Березинский БЗ Республика Беларусь
Боровое (Бурабай)	СКФМ	Щучинско-Боровская курортная зона Республика Казахстан
Приокско-Террасный БЗ (ст. Данки)	СКФМ, ЕМЕП, ГСА	Приокско-Террасный БЗ и охранная зона
Воронежский БЗ	СКФМ, ГСА	Воронежский БЗ
Кавказский БЗ	СКФМ, ГСА	Кавказский БЗ, ОВПН «Западный Кавказ»
Астраханский БЗ	СКФМ, ГСА	Астраханский БЗ
Яйлю (Алтайский БЗ)	СКФМ	Алтайский БЗ, ОВПН «Золотые горы Алтая»
Мариинск	СКФМ	Средний Урал
Лесной заповедник	ЕМЕП	охранная зона Центрально-Лесного БЗ
Зареченск	ЕМЕП	Мурманская обл., Кандалакшинский р-н.
Пинега	ЕМЕП	охранная зона государственного природного заповедника «Пинежский»
Приморская	ЕАНЕТ	охранная зона Уссурийского БЗ
Листвянка	ЕАНЕТ	Прибайкальский национальный парк, ОВПН «Озеро Байкал»
Монды	ЕАНЕТ	Тункинский национальный парк, ОВПН «Озеро Байкал»
Хужир	ГСА	Прибайкальский национальный парк, ОВПН «Озеро Байкал»
Терней (Сихотэ-Алинский БЗ)	ГСА	охранная зона Сихотэ-Алинского БЗ, ОВПН «Центральный Сихотэ-Алинь»
Териберка	ГСА	-
Усть-Вымь	ГСА	-
Памятная	ГСА	-
Туруханск	ГСА	-
Воейково	ГСА	-
Новый Порт	ГСА	-
Новоплатигорск	ГСА	-
Шаджатмаз	ГСА	-

Обзор подготовлен в рамках темы НИОКТР АААА-А20-120020490070-3 «Развитие и модернизация методов и технологий комплексного фонового мониторинга и комплексной оценки состояния и загрязнения окружающей среды РФ и ее динамики (по интегрированным результатам сетей мониторинга Росгидромета)».

1. АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ И ОСАДКИ

Оценка фонового загрязнения атмосферного воздуха и осадков выполнена по данным сети станций КФМ, ГСА, ЕМЕП, ЕАНЕТ (рис.1.1). Анализ загрязнения атмосферного воздуха подготовлен с использованием осредненных значений концентраций, измеряемых на СКФМ веществ в воздухе за месяцы, сезоны и год, рассчитанных из рядов годового цикла наблюдений с января по декабрь 2022 г. На графиках показаны среднегодовые значения медианы, в осадках средневзвешенные концентрации.

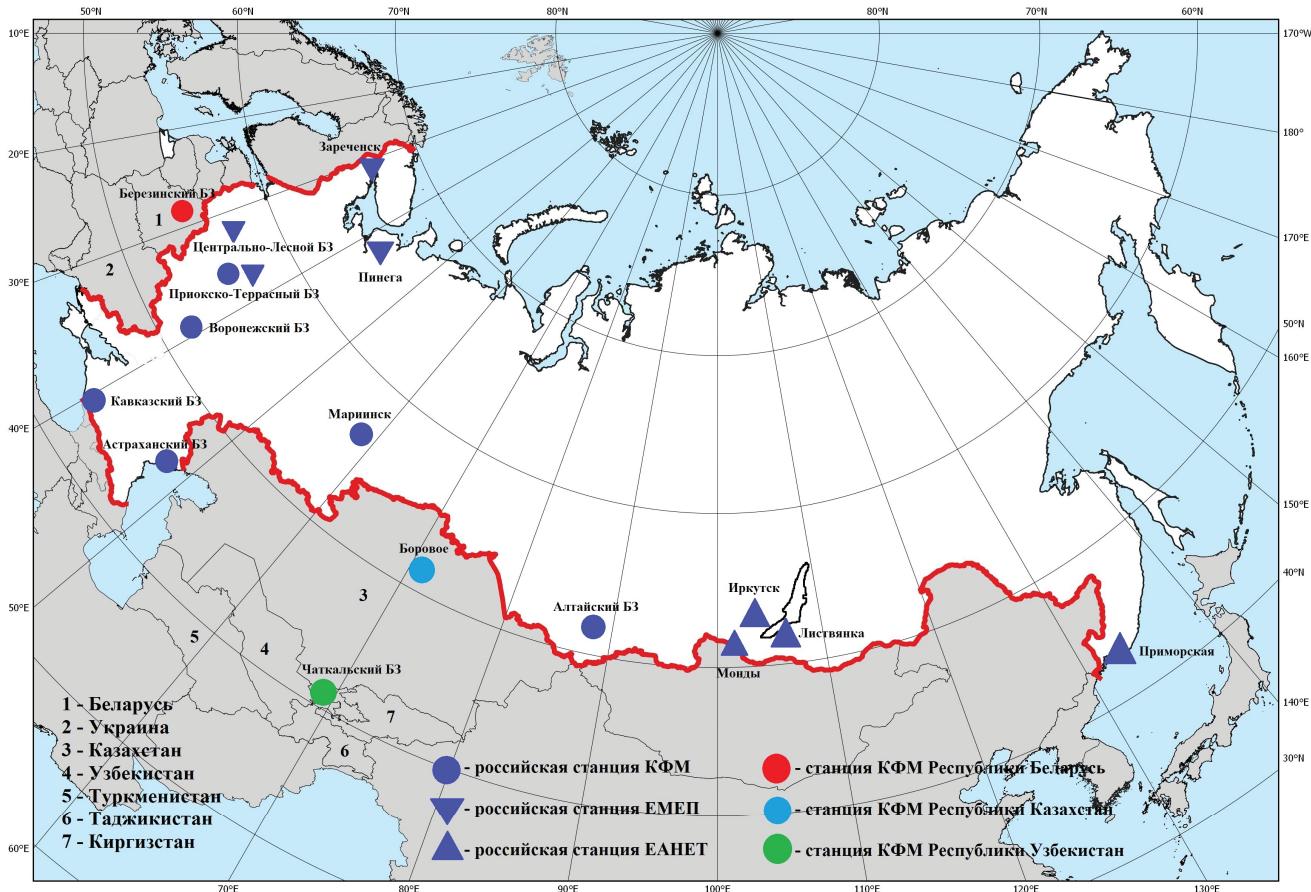


Рис. 1.1. Расположение станций фонового мониторинга природной среды в СНГ

1.1. Фоновое содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

Оценка фонового загрязнения атмосферного воздуха и осадков выполнена по данным сети станций комплексного фонового мониторинга (СКФМ) и специализированных станций Глобальной службы атмосферы (ГСА ВМО). В 2022 г. наблюдения за фоновым загрязнением атмосферного воздуха проводились на трех СКФМ, обеспечивая необходимый объем информации только для характеристики регионального фонового загрязнения атмосферы в Центральных районах Европейской части России (ЕЧР).

Анализ загрязнения атмосферного воздуха подготовлен с использованием осредненных значений концентраций, измеряемых на СКФМ веществ в воздухе за месяцы, сезоны и год, рассчитанных из рядов годового цикла наблюдений с января по декабрь 2022 г. На графиках показаны среднегодовые значения медианы.

Тяжелые металлы. В 2022 г. среднегодовые концентрации свинца в воздухе фоновых районов ЕЧР составили $1,5\text{--}2,95 \text{ нг}/\text{м}^3$, значимых изменений его содержания в атмосфере фоно-

вых территорий за последние 5 лет не произошло (рис. 1.1.1).

Среднегодовые концентрации кадмия в атмосферном воздухе в центральных районах ЕЧР сохранились на уровне, наблюдавшемся в последние 5 лет, и в 2022 г. не превышали $0,14 \text{ нг}/\text{м}^3$. (табл. 1.1.1).

Междусуточные изменения содержания свинца и кадмия в воздухе довольно значительно в течение года, в отдельные дни значения среднесуточных концентраций были существенно выше среднегодовых значений, максимальные среднесуточные концентрации – до $109 \text{ нг}/\text{м}^3$ для свинца (Воронежский БЗ) и $1,5 \text{ нг}/\text{м}^3$ для кадмия (Кавказский БЗ). На всех территориях уровни содержания свинца и кадмия в воздухе выше в холодный период года.

Фоновое среднее содержание ртути в атмосферном воздухе, измерения которого проводятся только в центральном районе ЕЧР, составило $1,6 \text{ нг}/\text{м}^3$. В отдельные дни содержание превышало $70 \text{ нг}/\text{м}^3$ (табл. 1.1.1).

Таблица 2.12. Результаты наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха на станциях комплексного фонового мониторинга в 2022 г. (числитель - среднегодовое значение медианы, знаменатель - интервал изменений суточных концентраций)

Загрязняющие вещества	Приокско-Террасный БЗ	Воронежский БЗ	Кавказский БЗ
Pb, $\text{нг}/\text{м}^3$	<u>2,95</u> 0,27-26,4	<u>2,60</u> 0,06-109,0	<u>1,50</u> 0,02-9,1
Cd, $\text{нг}/\text{м}^3$	<u>0,095</u> 0,009-0,43	<u>0,14</u> 0,01-0,81	<u>0,12</u> 0,002-1,5
Hg, $\text{нг}/\text{м}^3$	<u>1,6</u> 0,03-75,0		
SO_2 , $\text{мкг}/\text{м}^3$	<u>0,20</u> 0,05-3,2	<u>0,18</u> 0,02-3,47	<u>0,02</u> 0,01-0,03
NO_2 , $\text{мкг}/\text{м}^3$	<u>4,50</u> 0,10-38,0	<u>3,18</u> 0,62-18,57	
Сульфаты, $\text{мкг}/\text{м}^3$	<u>1,29</u> 0,04-29,4		
Взвешенные вещества, $\text{мкг}/\text{м}^3$	<u>35,0</u> 1,0-320,0	<u>20,0</u> 8,0-39,0	<u>15,1</u> 3,8-78,7

Взвешенные вещества. В 2022 г. среднегодовые концентрации взвешенных веществ в воздухе на ЕЧР менялись в пределах $15-35 \text{ мкг}/\text{м}^3$, что соответствует уровню значений последних 5 лет (табл. 1.1.1, рис. 1.1.1). Сезонные изменения содержания взвешенных веществ в атмосфере имеют ярко выраженный максимум в теплый период, что обусловлено влиянием природных факторов.

Диоксид серы. В 2022 г. среднегодовые фоновые концентрации диоксида серы на станциях ЕЧР сохранились на низком уровне - около $0,02-0,2 \text{ мкг}/\text{м}^3$ (рис. 1.1.2). В холодный период года наблюдались более высокие концентрации диоксида серы, увеличиваясь в отдельные сутки до $3,5 \text{ мкг}/\text{м}^3$ в центре ЕЧР (табл. 1.1.1). В долгосрочной динамике можно отметить стабилизацию уровней концентраций после отмечавшегося их уменьшения в течение 10 предыдущих лет. Сезонные изменения содержания диоксида серы имеют ярко выраженный максимум в холодный период года, что связано с отопительным сезоном.

Диоксид азота. В 2022 г. среднегодовые фоновые концентрации диоксида азота в воздухе на ЕЧР сохранились на уровне прошлых лет, изменяясь от $3,1$ до $4,5 \text{ мкг}/\text{м}^3$ (рис. 1.1.2). Сезонные изменения фоновых концентраций диоксида азота ясно выражены: в холодный период в центре ЕЧР наблюдались максимальные значения, и повышалась повторяемость среднесуточных высоких концентраций (табл. 1.1.1).

Сульфаты. В 2022 г. среднегодовые фоновые концентрации сульфатов в центре ЕЧР составили около $1,29 \text{ мкг}/\text{м}^3$, при этом значения меньше $3 \text{ мкг}/\text{м}^3$ были зарегистрированы в 95% измерений (рис. 1.1.2). В целом, относительно повышенные концентрации сульфатов в центре ЕЧР характерны для холодного периода года, в южных районах - для теплого периода.

Значительные межгодовые колебания средних концентраций не позволяют однозначно охарактеризовать тренды изменений, хотя можно проследить стабилизацию уровней содержания сульфатов в центре ЕЧР за последние 10 лет после их уменьшения в предыдущие годы.

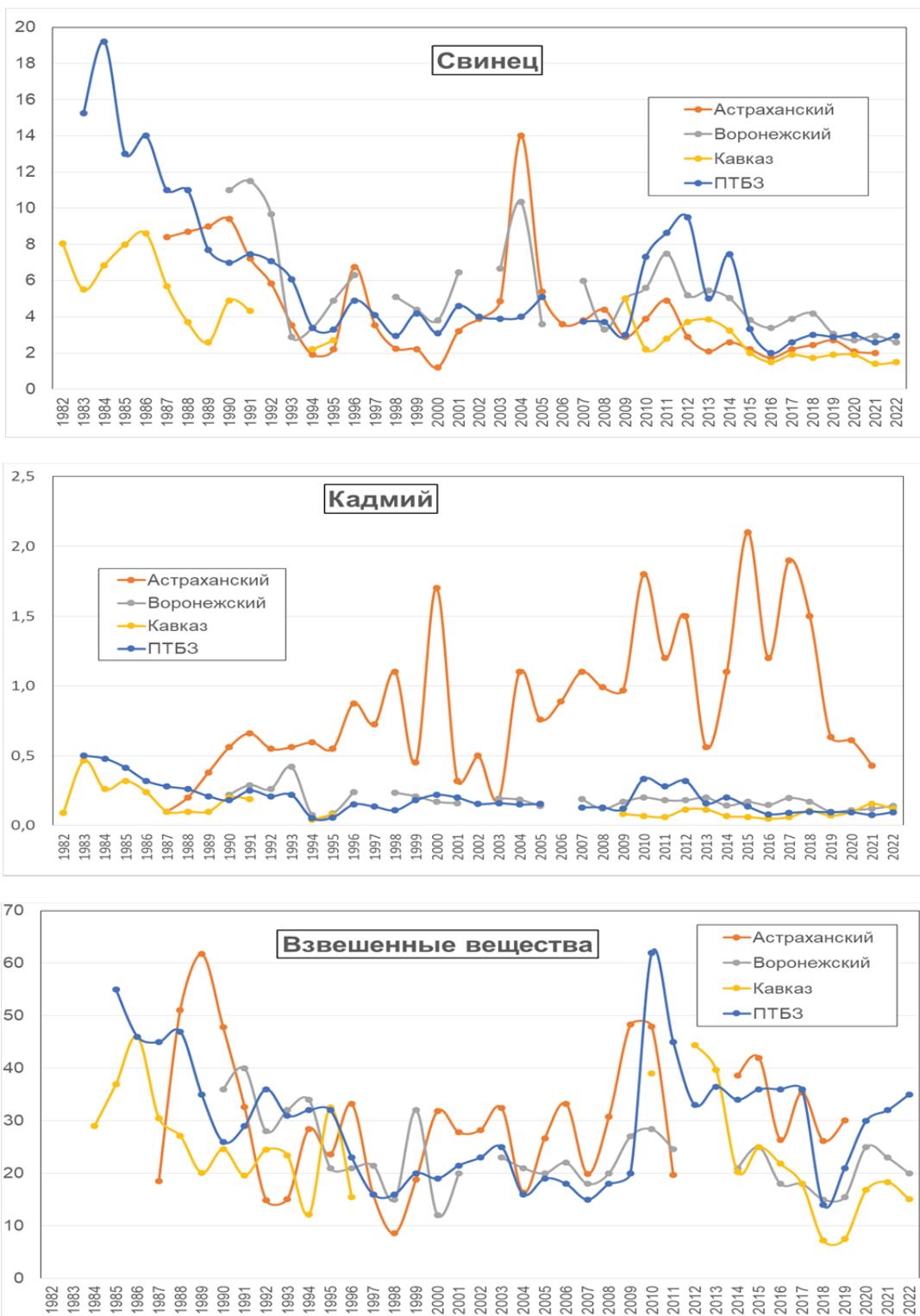


Рис. 1.1.1. Изменения среднегодового содержания свинца, кадмия ($\text{нг}/\text{м}^3$), взвешенных веществ и ($\text{мкг}/\text{м}^3$) в атмосферном воздухе фоновых районов

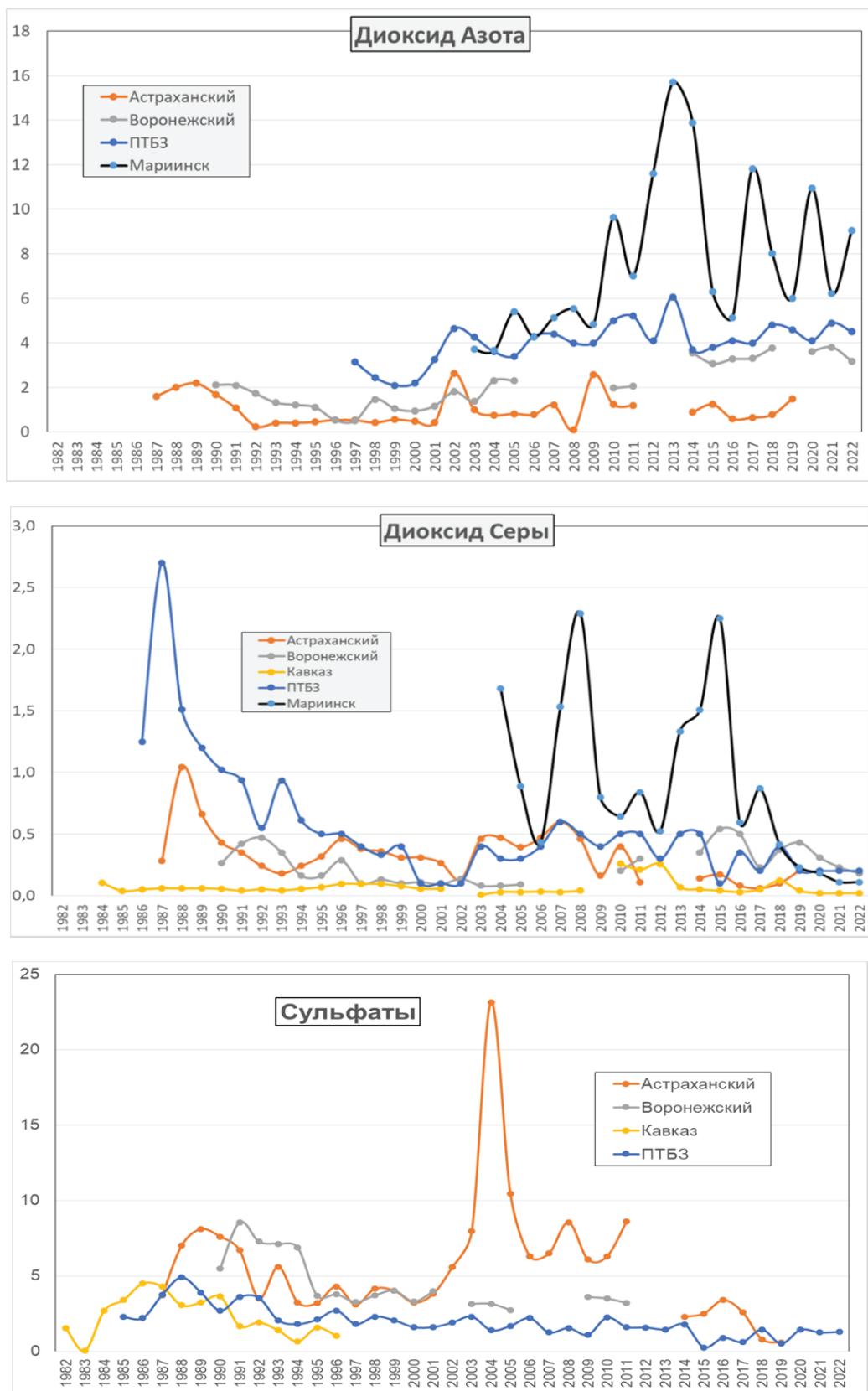


Рис. 1.1.2. Изменения среднегодового содержания диоксида серы, сульфатов и диоксида азота в атмосферном воздухе фоновых районов (мкг/м³)

1.2. Физические и химические характеристики атмосферы

1.2.1. Углекислый газ и метан

Анализ изменчивости концентрации парниковых газов в приземном слое атмосферы выполнен на основе анализа результатов измерений, проводимых на четырех станциях наблюдений за содержанием парниковых газов, входящих в Глобальную службу атмосферы (ГСА). Характеристики станций приведены в таблице 1.2.1.1. Станция Териберка (Кольский полуостров, побережье Баренцева моря) и станция Тикси (побережье море Лаптевых, залив Сого) расположены в условиях, близких к фоновым. Станции Новый Порт (п-ов Ямал, берег Обской губы) и Воейково (пригород Санкт-Петербурга) находятся в районах крупномасштабных антропогенных источников парниковых газов. Для сравнения с данными наблюдений на российских станциях были привлечены данные станции Барроу ($71,3^{\circ}$ с. ш., $156,6^{\circ}$ з. д.), представленной в Мировом центре данных (МЦД) ВМО по парниковым газам (WDCGG) и расположенной в том же широтном поясе.

Данные станций Териберка и Тикси передаются в мировой центр данных (МЦД) по парниковым газам (WDCGG), где используются при проведении глобального анализа полей указанных газов.

Таблица 1.2.1.1. Станции наблюдений за парниковыми газами

Станция	Широта	Долгота	Высота над у.м.	Период наблюдений	Программа наблюдений
Териберка	$69,20^{\circ}$ с. ш.	$35,10^{\circ}$ в. д.	40	с 1988	CO_2 , CH_4 с 1996 г.
Новый порт	$67,68^{\circ}$ с. ш.	$72,88^{\circ}$ в. д.	11	с 2002	CO_2 , CH_4
Тикси	$71,58^{\circ}$ с. ш.	$128,92^{\circ}$ в. д.	30	с 2011	CO_2 , CH_4
Воейково	$59,98^{\circ}$ с. ш.	$30,70^{\circ}$ в. д.	72	с 1996	CH_4

В таблице 1.2.1.2 приведены результаты измерений за последние 11 лет на двух фоновых станциях Териберка и Тикси. Результаты мониторинга парниковых газов на российских арктических станциях представлены на рис. 1.2.1.1 (среднемесячные значения концентрации CO_2 и CH_4 в сравнении с данными станции Барроу).

Уровень концентрации CO_2 в атмосфере северных широт достиг в 2022 г. очередного максимума. Среднегодовое значение на фоновых станциях РФ превысило 421 млн^{-1} , а максимальные концентрации, наблюдаемые в зимние месяцы, приблизились к значению 430 млн^{-1} . Уровень концентрации и амплитуда сезонного хода на российских станциях Териберка и Тикси близки к данным станции Барроу.

В 2022 г. по сравнению с 2020 и 2021 гг. темпы роста концентрации CO_2 увеличились до $3,0\text{-}3,4 \text{ млн}^{-1}$, что существенно выше среднеглобальной скорости роста за предыдущие 10 лет и 2021 г., составляющей, согласно бюллетеню ВМО по ПГ №18 от 26 октября 2022 г., $2,5 \text{ млн}^{-1}/\text{год}$.

Среднегодовая концентрация метана на российских Арктических станциях в 2022 г. достигла рекордных значений, приблизившись к 2020 млрд^{-1} . Тенденция повышенного роста CH_4 начала проявляться на станции Тикси, где, начиная с 2019 г., регистрировались высокие значения концентрации в период максимума природной эмиссии (август-сентябрь), а в 2020 г. значения концентраций CH_4 сохранялись высокими до конца года. Аналогичная тенденция сезонного хода концентрации метана начала прослеживаться на станции Териберка. В 2022 г. было зафиксировано значительное увеличение концентрации метана на станции Териберка ($20 \text{ млрд}^{-1}/\text{год}$) и снижение прироста на станции Тикси, при этом уровень концентрации CH_4 на этих двух станциях сравнялся.

Тенденция наращивания скорости роста содержания метана отмечается не только для станций Арктического побережья РФ, но и в глобальном масштабе. Согласно Бюллетеню ВМО № 18 от 26 октября 2022 г., в 2020 и 2021 г. прирост концентрации метана за год (15 и 18 млрд^{-1}) явился рекордным для всего периода наблюдений с начала 80-х гг. прошлого столетия. По данным станции Териберка (рис. 1.2.1.2) увеличение среднемесячного значения

концентрации для периода с апреля по август 2022 г. по сравнению с аналогичными месяцами 2021 г. превысило 30 млрд⁻¹, что также является рекордным для всего периода наблюдений на станции Териберка.

Таблица 1.2.1.2. Среднегодовые значения и межгодовой рост (Δ) концентрации CH_4 и CO_2

Год	Териберка				Тикси			
	CH_4 , млрд ⁻¹	ΔCH_4 , млрд ⁻¹	CO_2 , млн ⁻¹	ΔCO_2 , млн ⁻¹	CH_4 , млрд ⁻¹	ΔCH_4 , млрд ⁻¹	CO_2 , млн ⁻¹	ΔCO_2 , млн ⁻¹
2012	1910,2	4,0	396,6	2,3	1910,2	-3,0	396,1	1,9
2013	1907,8	-2,4	398,8	2,2	1915,1	4,9	399,1	3,0
2014	1913,5	5,7	400,7	1,9	1930,8	15,7	400,7	1,6
2015	1924,4	10,9	402,2	1,5	1940,1	9,3	403,2	2,5
2016	1946,7	22,3	405,7	3,4	1946,4	6,3	406,1	2,9
2017	1947,1	0,4	409,1	3,5	1956,7	10,3	408,7	2,6
2018	1950,4	3,3	411,4	2,2	1960,4	3,7	411,3	2,6
2019	1961,8	11,4	414,1	2,7	1983,7	23,3	414,3	3,0
2020	1980,4	18,6	415,8	1,8	1993,6	9,9	416,5	2,2
2021	1999,1	18,7	418,5	2,6	2014,1	20,5	419,1	2,6
2022	2019,1	20,0	421,4	3,0	2018,7	4,6	422,5	3,4

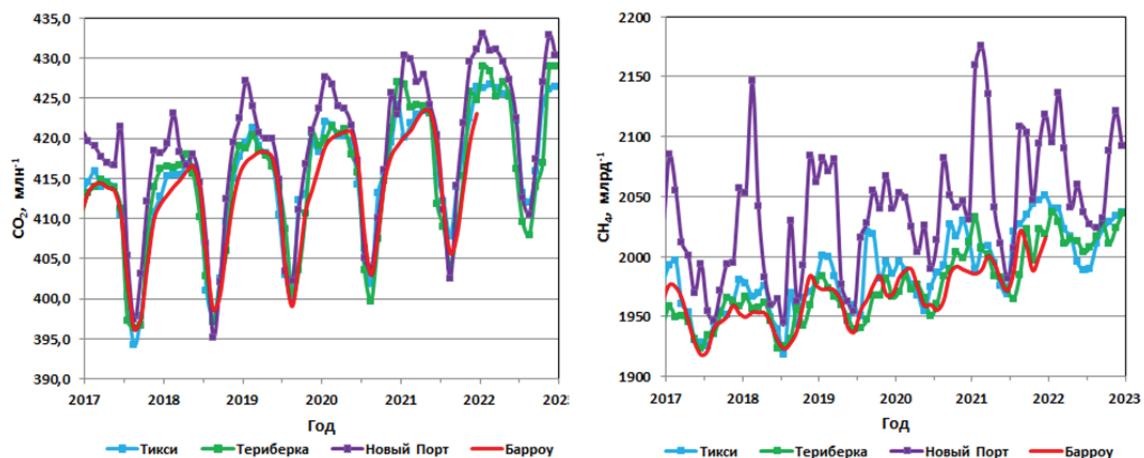


Рис. 1.2.1.1. Временной ход концентрации CO_2 и CH_4 на российских арктических станциях в сравнении с данными станции Барроу

Поступление метана в атмосферу происходит как от антропогенных, так и природных источников, при этом возрастание природной эмиссии может быть вызвано потеплением климата. Какая из этих причин является ответственной за изменение темпов роста концентрации метана пока не установлено.

Для станций, расположенных в окрестностях крупномасштабных источников, средняя за многолетний период скорость роста концентрации парниковых газов не сильно отличается от глобального тренда. Так, для десятилетнего периода (2012-2022 гг.) концентрация CO_2 на станции Новый Порт увеличивалась со скоростью 2,5 млн⁻¹/год, что соответствует значению глобального тренда за этот же период.

Региональные особенности поля концентрации ПГ более наглядно проявляются при рассмотрении превышения концентрации над фоновым уровнем. Полученные значения превышения для станций Новый Порт и Воейково представлены на рис. 1.2.1.3 и в таблице 1.2.1.3. При определении превышения в качестве фонового уровня использованы данные станции Териберка.

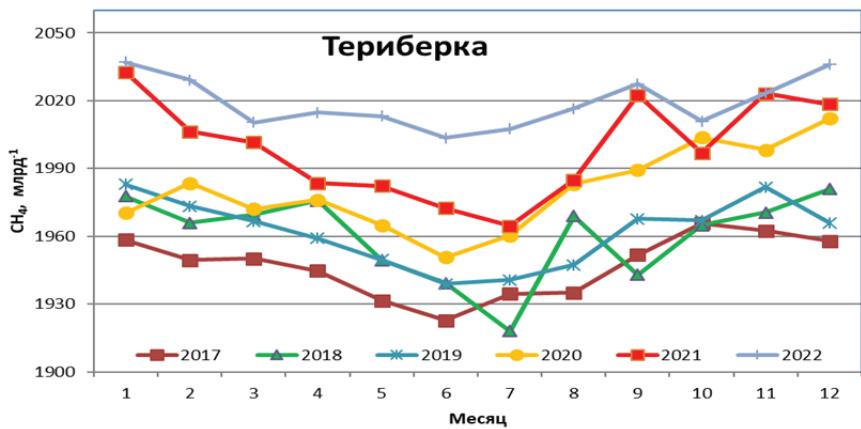


Рис. 1.2.1.2. Сезонный ход концентрации CH_4 на станции Териберка

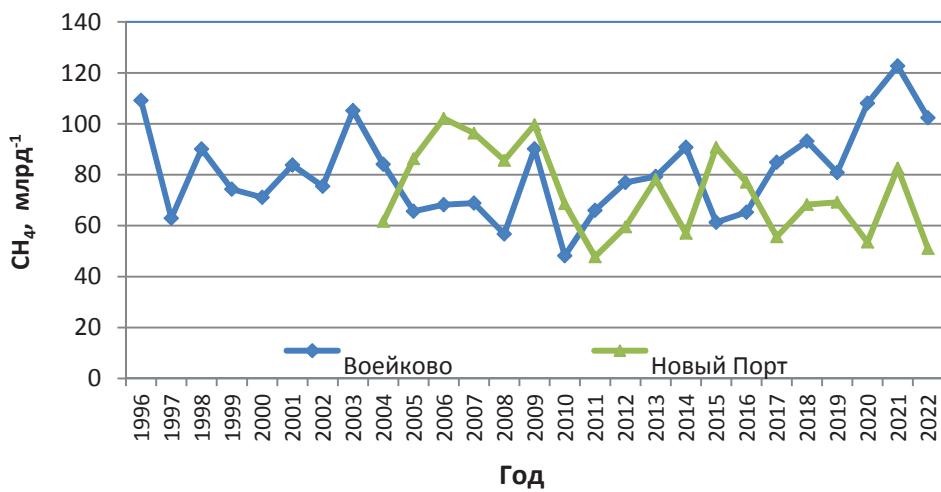


Рис. 1.2.1.3. Среднегодовое превышение концентрации CH_4 над фоновым уровнем

Станция Новый Порт расположена на побережье Обской губы. Данные измерений на этой станции подвержены влиянию как техногенных, так и естественных (увлажненные территории) источников. Максимальные значения превышения наблюдаются в зимний период, в основном, за счет снижения высоты слоя перемешивания атмосферы и увеличения антропогенных выбросов, и достигают 10 млн $^{-1}$ для CO_2 и 150-180 млрд $^{-1}$ для CH_4 .

Станция Воейково испытывает влияние антропогенной эмиссии парниковых газов с территории крупного промышленного центра Санкт-Петербурга. По данным измерений, проводившихся с 2000 г. по 2016 г. превышение концентрации CH_4 над фоновым уровнем непосредственно в Санкт-Петербурге примерно в 2 раза выше, чем в Воейково и составляет 8,8%.

Таблица 1.2.1.3. Превышение концентрации парниковых газов над фоновым уровнем

Станции	Новый Порт	Воейково
Период измерений	2004-2022	1996-2022
CH_4 , млрд $^{-1}$	73±17	77±15
CH_4 , %	3,9	4,2
CO_2 , млн $^{-1}$	4,3±1,2	
CO_2 , %	1,1	

Превышение концентрации парниковых газов над фоновым уровнем в 2022 г. на станциях Новый порт и Воейково не выходит за пределы вариаций, наблюдавшихся за

многолетний период. Однако за последние 3 года намечается тенденция снижения превышения концентрации метана над фоновым уровнем для станции Новый порт и его возрастания на станции Воейково.

1.2.2. Общее содержание озона.

Анализ общего содержания озона (ОСО) выполнен по данным отечественной сети фильтровых озонометров М-124 с привлечением данных, поступающих в Мировой центр данных ВМО по озону и ультрафиолетовой радиации (WOUDC) в Канаде, а также данных спутниковой аппаратуры OMI (США).

Проведен анализ ежесуточных и среднемесячных значений ОСО путем сравнения с нормой - средними многолетними значениями по данным измерений «NIMBUS-7»/TOMS за 1978-1988 гг.

В марте 2022 г. наблюдалось максимальное отклонение значений ОСО от среднемесячных многолетних значений над территорией РФ, особенно выделяется область значительно пониженного ОСО над Восточной Сибирью (-16% – -34%, 310 – 370 е.Д1) (рис. 1.2.2.1). Отклонения от средних многолетних значений в отдельные дни составляли до - 44%.

В целом, 2022 г. был спокойным, значительного разрушения озонового слоя не наблюдалось, уровень УФ-В радиации был в пределах нормы для соответствующего времени года.

Измерения ОСО на территории РФ

Анализ полученных результатов измерений ОСО на озонометрических станциях в 2022 г., так же, как и в предыдущие годы, был произведен на основе распределения поля ОСО над территорией РФ на регионы со сравнительно однородным содержанием озона: Север Европейской части России (Север ЕЧР), Юг Европейской части России (ЮГ ЕЧР), Западная Сибирь (ЗС), Восточная Сибирь (ВС) и Дальний Восток (ДВ).

Использование на сети фильтровых озонометров М-124 с единой методикой измерений, постоянный контроль и отбор достоверной информации позволяет получать данные ОСО с высокой степенью надежности.

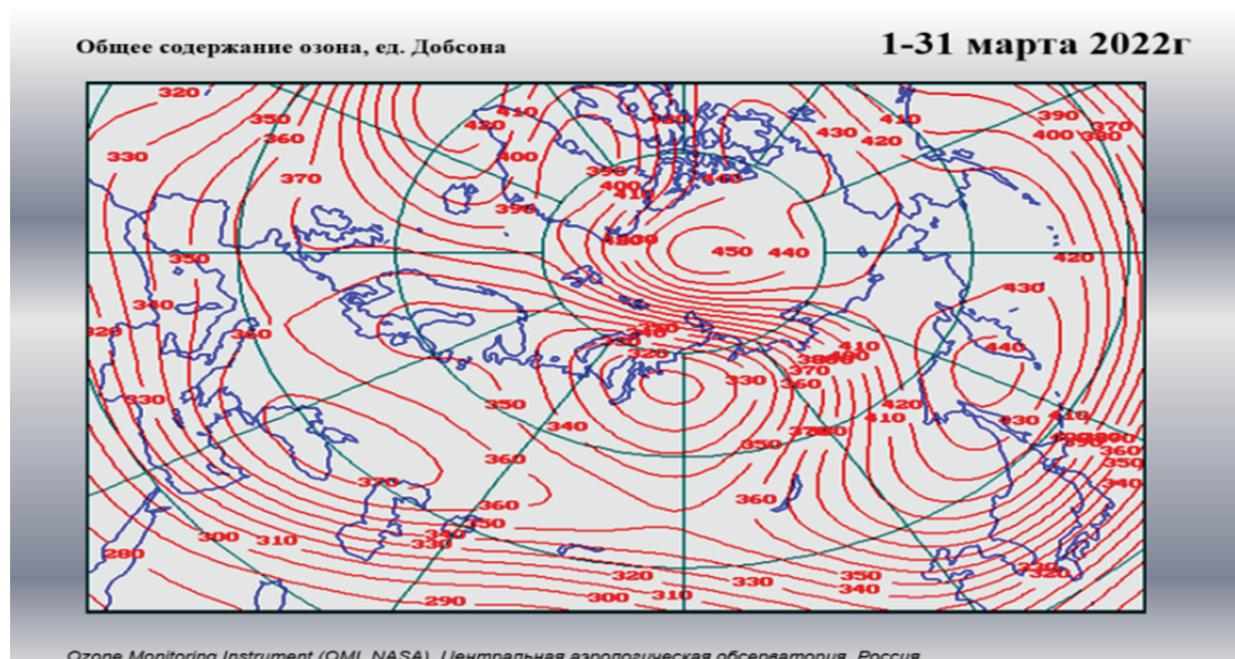


Рис. 1.2.2.1. Среднемесячное поле ОСО в марте 2022 г. над территорией Российской Федерации

¹ е.Д. - единицы Добсона

В настоящем Обзоре использованы данные озонометрических станций, которые соответствуют нормам качества, удовлетворяющим требованиям ВМО. Перечень станций, их распределение по регионам и принадлежность к определенным субъектам Российской Федерации приведены в табл. 1.2.2.1.

Таблица 1.2.2.1. Распределение по регионам и федеральным округам озонометрических станций, данные которых 2022 г. удовлетворяли требованиям ВМО

Регион	Федеральные округа	Станции
Север Европейской части России (Север ЕЧР)	Северо-западный и Центральный	Баренцбург, Мурманск, Архангельск, Печора, Санкт-Петербург, Москва
Юг Европейской части России (Юг ЕЧР)	Центральный, Южный и Приволжский	Цимлянск, Карадаг, Самара
Западная Сибирь (ЗС)	Уральский и Сибирский	о-в Хейса, Туруханск, Ханты-Мансийск, Екатеринбург, Омск, Томск
Восточная Сибирь (ВС)	Сибирский и Дальневосточный	Тикси, Якутск, Оленек, о-в. Котельный, Тура, Витим, Красноярск, Иркутск
Дальний Восток (ДВ)	Дальневосточный	Магадан, Южно-Сахалинск, Петропавловск-Камчатский, Владивосток

Продолжительность наблюдений ОСО, выполненных по одной методике, составляет около 50 лет. Многолетние ряды демонстрируют существенные и преимущественно меридиональные различия сезонного хода ОСО на протяженной территории РФ. До 2022 г. в качестве климатических норм применялись средние многолетние значения ОСО за 1973–2002 гг. С 2022 г. в качестве единого периода для расчета норм климатических характеристик был принят интервал с 1991 по 2020 гг. В настоящем Обзоре при анализе данных использованы новые нормы, которые были рассчитаны для указанных выше пяти регионов РФ (таблица 1.2.2.2).

При сопоставлении прежних норм и норм, полученных при смещении временного интервала (рис. 1.2.2.2), становятся очевидными значительные изменения.

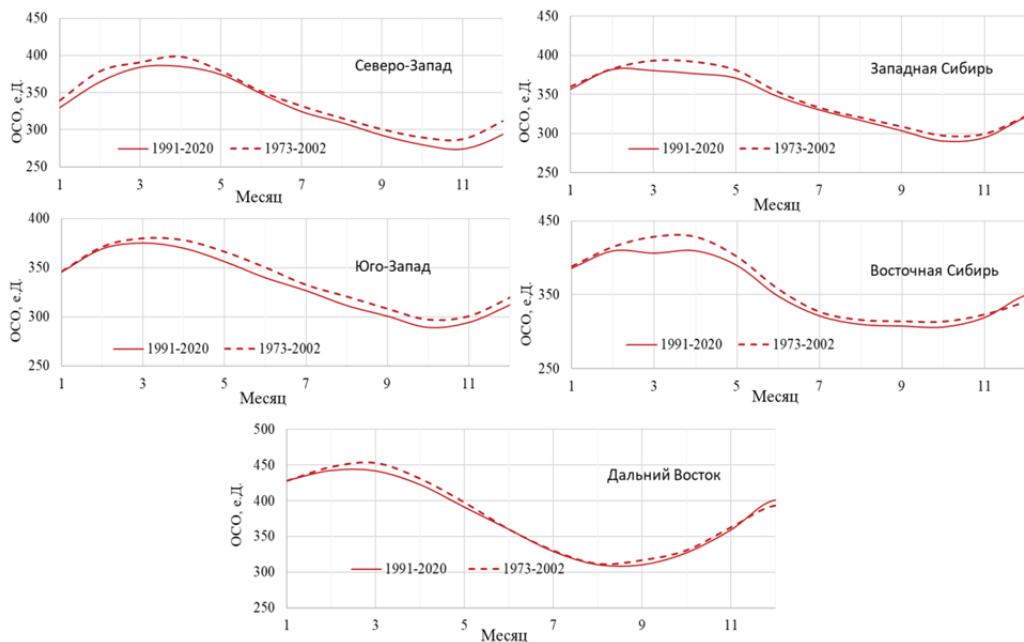


Рис. 1.2.2.2. Сравнение использованных прежних (1973-2002 гг.) и новых (1991-2020 гг.) среднемесячных климатических норм для регионов

Кривые абсолютных значений новых норм проходят ниже прежних, а сами изменения имеют явно выраженный сезонный ход, который носит индивидуальный характер для разных регионов. Понижение нормальных значений обусловлено исключением из расчетного периода лет, для которых было характерно высокое содержание озона в атмосфере (1973-1987 гг.).

Сезонный ход разницы в нормах и значительные его вариации от региона к региону могут быть вызваны разными причинами. Например, изменения в циркуляции атмосферы по-разному проявляются в разных частях обширной территории РФ. Механизмы накопления, переноса и разрушения озона в атмосфере, которые до сих пор не очень хорошо изучены, в разных регионах действуют с разной интенсивностью и в разные периоды года.

Таблица 1.2.2.2. Общее содержание озона в различных регионах России в 2022 г., норма** и отклонения от нормы (%)

Месяцы / Регионы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
<i>Общее содержание озона в 2022 г., е.Д.*</i>													
Сев. ЕЧР	335	368	360	394	385	385	319	295	288	285	302	311	336
Юг ЕЧР	357	364	369	353	364	337	323	300	315	303	302	305	333
ЗС	331	375	346	377	366	343	326	304	302	273	315	327	332
ВС	387	380	358	401	381	346	317	314	319	310	336	379	352
ДВ	421	436	437	413	386	366	318	310	312	335	359	401	374
<i>Отклонения (Δ) ОСО в 2022 г. от нормы, %</i>													
Сев. ЕЧР	2	1	-6,3	2,2	2,7	10,3	-1,8	-4,6	-1,5	1,9	10,2	5,7	1,8
Юг ЕЧР	3,3	-1,5	-1,6	-4,6	2,1	-0,7	-1,1	-3,8	4,9	4,6	2,5	-2,4	0,1
ЗС	-7,1	-1,7	-9	0,2	-1,3	-1,2	-1,2	-4,0	-0,6	-5,9	6,7	1,9	-1,9
ВС	0	-7	-12	-2,1	-2,2	-0,7	-1,3	1,6	3,9	1,2	5,4	8,6	-0,4
ДВ	-2	-2	-1	-2	-1	1,7	-3,5	-0,2	0,5	2,3	0,1	0,1	-0,6
<i>Норма, е.Д. и среднеквадратические отклонения, %</i>													
Север ЕЧР	330 31,7	365 34,6	385 31,8	386 23,7	375 13,0	349 11,0	324 9,9	310 9,5	292 8,1	280 9,3	274 16,6	294 19,5	330 9,8
Юг ЕЧР	346 15,8	369 19,7	375 21,0	370 20,5	356 13,2	340 12,5	327 11,1	312 10,5	301 10,1	289 9,9	294 9,8	312 15,9	333 8,7
ЗС	356 18,6	382 25,8	380 22,7	376 26,7	371 17,9	348 13,1	330 9,7	317 9,6	304 8,6	290 9,2	295 11,9	321 24,0	339 10,1
ВС	386 22,2	410 34,1	407 29,9	410 29,6	390 16,5	348 10,5	321 7,6	310 8,6	307 10,8	306 11,8	319 23,1	349 32,4	355 11,7
ДВ	429 16,6	443 20,2	442 22,3	423 16,3	391 12,8	360 9,7	329 9,4	310 7,8	310 9,8	327 10,4	359 14,6	401 21,1	377 8,2

Примечание: * $1 \text{ е.Д.} = 0.001 \text{ атм.-см};$

**норма - средние многолетние значения и средние квадратичные отклонения (нижняя строка) за 1991-2020 гг.

Многолетние вариации ОСО над территорией РФ

Среднегодовые значения ОСО над территорией РФ в целом за 1973–2022 гг. представлены на рис. 1.2.2.3.

Весь 50-летний ряд значений ОСО может быть разделен на два периода, для которых тренд межгодовых изменений ОСО был различен:

- 1973–1995 гг. - значительное уменьшение ОСО (- 1,5 е.Д./год);
- 1995–2022 гг. - существенные межгодовые колебания при нейтральном общем тренде.

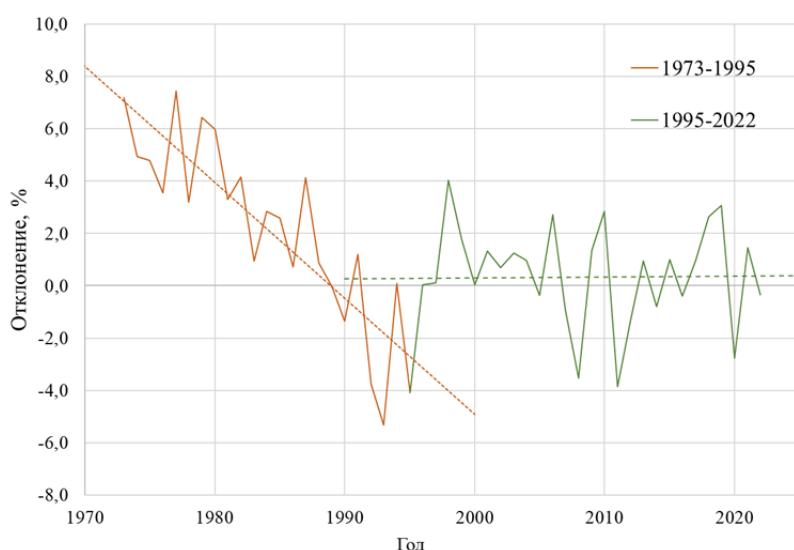


Рис. 1.2.2.3. Среднегодовые значения ОСО над территорией РФ в период 1973–2022 гг.

В 1993 г. наблюдалась минимальная толщина озонового слоя. В течение 1973–2022 гг. толщина озонового слоя ниже нормы (347 е.Д.) более чем на 2% наблюдалась в следующие годы: 1992 г. (-3,8%), 1993 г. (-5,5%), 1995 г. (-4,1%), 2008 г. (-3,5%), 2011 г. (-3,9%), 2020 г. (-2,8%).

В течение 50 лет наблюдений за содержанием ОСО над Российской Федерацией отчетливо проявилось чередование максимумов и минимумов среднегодовых значений ОСО с периодом 2,4 года с «квазидвухлетней» цикличностью.

Такого же рода многолетние вариации ОСО в умеренных и полярных широтах Северного полушария были отмечены и мировой озонометрической сетью.

Вариации поля ОСО над регионами РФ в 2022 г.

Результаты расчета среднемесячных значений ОСО над регионами РФ в 2022 г., новые климатические нормы и их отклонения от нормы приведены в таблице 1.2.2.2 и представлены на рис. 1.2.2.4.

Над всей территорией Российской Федерации в 2022 г. средняя за год толщина озонового слоя составила 345 е.Д. что очень близко к новой норме (347 е.Д.). В целом отклонения от норм для всех регионов были близки к норме и носили преимущественно отрицательный характер в первой половине года (до августа), а с сентября сменились на положительные (за исключением Юга ЕЧР).

В 2022 г. редко наблюдались крупные и долгоживущие аномалии. Большинство как отрицательных, так и положительных аномалий быстро смешалось и размывалось. При этом для поля озона в течение года было характерно формирование довольно устойчивых крупных образований с однородным ОСО. Значительные отклонения от нормы наблюдались в марте, июне и ноябре.

В марте полярный вихрь изначально располагался в околополярной области, но постепенно арктический воздух с характерными низкими значениями ОСО (275-300 е.Д) сместился на Западную и Восточную Сибирь и занял пространство до 60° с.ш. В отдельные дни в высоких широтах восточной Сибири отрицательные отклонения ОСО доходили до -40%. Над югом ЕЧР располагалась воздушная масса более богатая озоном (330-380 е.Д.). Поле ОСО приобрело явно выраженную меридиональную структуру, что получило свое отражение и в среднемесячных отклонениях (-12% на Востоке Сибири и -1,6% на юге ЕЧР). К концу марта в поле ОСО над Северным полушарием сформировались две крупномасштабные области с разным содержанием озона. Область с более низким ОСО полностью заняла территорию РФ (кроме части ДВ), и такая ситуация сохранялась до конца месяца.

В летний период поле ОСО имело традиционно сглаженный характер, без контрастов и явно выраженных аномалий. Только в июне среднемесячное отклонение ОСО для Севера ЕЧР было на 10% выше нормы.

Положительные отклонения (до +10% над севером ЕЧР) появились и в ноябре, когда циркулярный вихрь располагался близко к полюсу, а практически над всей территорией РФ формировались и устойчиво сохраняли свое положение масштабные области с более высоким содержанием озона. Отклонения ОСО от нормы в дневных значениях над Восточной Сибирью доходили до 20% в ноябре и до 30% в декабре. Только для Юга ЕЧР были характерны пониженные значения озона.

На Севере ЕЧР среднегодовой уровень ОСО в 2022 г. был близок к норме (1,8%). В течение всего года наблюдалось чередование положительных и отрицательных среднемесячных отклонений со значительными колебаниями по амплитуде. Наиболее значимые отрицательные отклонения были в марте (-6,3%) и августе (-4,6%), положительные - в июне (+10,3%) и ноябре (+10,2%). В целом, отклонения от нормы не превышали значения его стандартного распределения.

На Юге ЕЧР среднегодовой уровень ОСО в 2022 г. был близок к норме (+0,1%). Значительных аномалий в поле озона не наблюдалось. В течение года регион неоднократно оказывался в зоне умеренных положительных и отрицательных отклонений. Максимальные положительные отклонения от нормы наблюдались в сентябре-октябре (до +4,9%), а отрицательные в апреле (до -4,6%). В 2022 г. южная часть ЕЧР часто оказывалась под влиянием воздушных масс с более высоким или более низким содержанием озона по отношению к северу ЕЧР и Сибири.

Над Западной Сибирью, как и над остальной территорией РФ, среднегодовой уровень ОСО в 2022 г. был близок к норме (-1,9 %). В отличие от других регионов, отклонения носили устойчиво отрицательный характер практически в течение всего года. Связано это с тем, что именно на Западную Сибирь чаще всего распространялось воздействие циркумполярного вихря. Также арктический воздух с традиционно низким содержанием озона периодически проникал вглубь материка, иногда смыкаясь с тропической областью низких значений ОСО. Максимальные отрицательные отклонения от нормы наблюдались в январе (-7%), марте (-9%) и октябре (-6%), а положительные - в ноябре (+6,7%). В период с апреля по сентябрь отклонения от норм не превышали статистически ожидаемых значений.

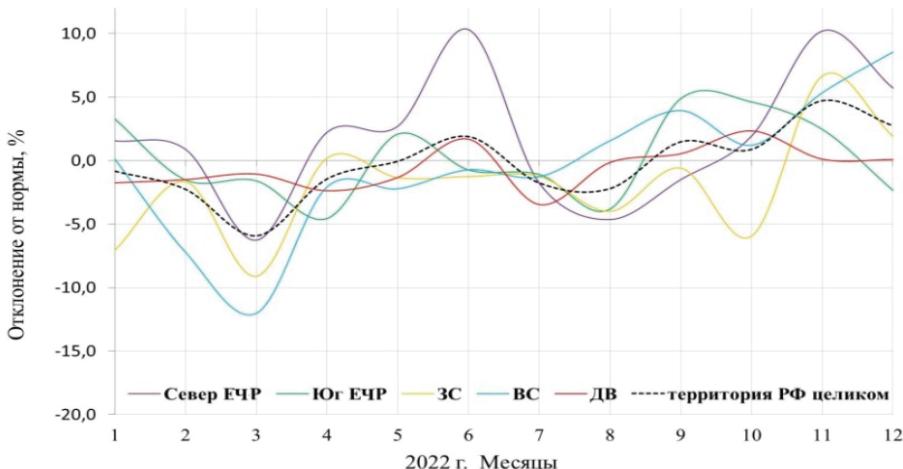


Рис. 1.2.2.4. Отклонения среднемесячных значений ОСО от норм по регионам РФ в 2022 г.
(Север ЕЧР – Север Европейской части России, Юг ЕЧР – Юг Европейской части России, ЗС – Западная Сибирь, ВС – Восточная Сибирь, ДВ – Дальний Восток)

Над Восточной Сибирью среднее за год содержание озона составило 352 е.Д., что близко к норме (-0,4%). В течение первой половины года средние значения отклонений были устойчиво ниже нормы. Наиболее значимые отрицательные отклонения были зафиксированы в феврале (-7%) и марте (-12%). В марте отрицательные отклонения от нормы в ежедневных значениях иногда достигали -40%. С сентября и до конца года среднемесячные значения ОСО над регионом устойчиво выше нормы. Значимые положительные отклонения были зафиксированы в ноябре (+5,4%) и декабре (+8,6%).

На Дальнем Востоке поле ОСО в течение года было близко к норме. Чередовались периоды с пониженными и повышенными значениями, но отклонения от нормы в среднемесячных значениях были менее значимы, чем в других регионах. Среднее по региону за год значение ОСО составило 374 е.Д., что всего лишь на 0,6% ниже региональной нормы.

Поле ОСО и особенности циркуляции 2022 г.

Как правило, все аномалии, наблюдаемые в поле озона Северного полушария, связаны с характерными для рассматриваемого периода особенностями общей циркуляции в нижней стратосфере и верхней тропосфере. В 2022 г. отмечалась повышенная повторяемость крупномасштабных атмосферных процессов меридиональной циркуляции.

Распределение ОСО над территорией РФ и его вариации в 2022 г. имели ряд особенностей. Циркумполярный вихрь в течение года оказывал существенное влияние на поле ОСО над Сибирью. Арктический воздух с низким содержанием озона регулярно проникал до умеренных широт. Периодически в течение года наблюдалось смыкание Арктического и Тропического воздуха с образованием характерного «коридора» с низкими значениями ОСО. Смыкания подобного рода преимущественно происходили над Сибирью или Европейской частью РФ. Взаиморасположение областей с высоким и низким содержанием озона было не совсем стандартным. Несколько раз возникали ситуации, когда над западной половиной РФ задерживалась воздушная масса, где отмечались более высокие значения ОСО, а над восточной частью РФ - масса

с более низкими значениями ОСО и наоборот. Чаще, чем в предыдущие годы, повторялись случаи с возникновением резко выраженного меридионального распределения ОСО, когда южные части всех регионов оказывались под влиянием одной воздушной массы (как правило, более богатой озоном), а северные - в области его пониженных значений.

1.2.3. Оптическая плотность и прозрачность атмосферы

Интегральная оптическая плотность атмосферы (ОПА) и коэффициент интегральной прозрачности P_2 характеризуют степень общего замутнения атмосферы. Они связаны между собой соотношением:

$$\text{ОПА} = -0,5 \ln (S_{\rho,30} / S_0) = -\ln P_2,$$

в котором $S_{\rho,30}$ - величина измеренного потока прямой солнечной радиации в кВт/м², приведенная к среднему расстоянию от Земли до Солнца и оптической массе атмосферы $m = 2$; S_0 - величина потока радиации на верхней границе атмосферы, P_2 - коэффициент интегральной прозрачности атмосферы при $m = 2$.

Параметр ОПА представляет собой оптическую плотность атмосферы для прямой солнечной радиации в диапазоне длин волн $\Delta\lambda = 0,3 - 4$ мкм при оптической массе $m = 2$ (т.е. при высоте солнца 30°).

В указанном диапазоне λ вариации ОПА определяются главным образом содержанием в атмосфере аэрозоля и водяного пара. Именно поэтому можно считать, что ОПА косвенно характеризует изменение аэрозольной составляющей и является показателем общего оптического замутнения атмосферы. ОПА более чувствительна к изменению состояния атмосферы по сравнению с P_2 (см. вышеприведенную формулу), поэтому в дальнейшем анализируется именно этот параметр.

Список станций, районы их расположения и координаты указаны в таблице 1.2.3.1. В паре с тремя собственно региональными фоновыми станциями в трех близлежащих городах по аналогичной программе работают городские станции с целью установления разницы в уровне замутнения атмосферы. В таблице 1.2.3.1 парные к соответствующим фоновым станциям города расположены на строку ниже и отмечены звездочками.

Таблица 1.2.3.1. Координаты региональных станций фонового мониторинга, на которых проводятся наблюдения за оптической плотностью и интегральной прозрачностью атмосферы

Станция	Район расположения	Широта в град. с.ш.	Долгота в град. в.д.
Туруханск	Красноярский край, Сибирский ФО	65,8	87,9
Усть-Вымь	Респ. Коми, Северо-Западный ФО	62,2	50,4
Сыктывкар*	Респ. Коми, Северо-Западный ФО	61,7	50,8
Воейково	Ленинградская обл., Северо-Западный ФО	60,0	30,7
Памятное	Курганская обл., Уральский ФО	56,0	65,7
Курган*	Курганская обл., Уральский ФО	55,5	65,4
Хужир	Иркутская обл., о-в Ольхон (оз. Байкал), Сибирский ФО	53,2	107,3
Иркутск*	Иркутская обл., Сибирский ФО	52,2	104,3
Шаджатмаз	Карачаево-Черкесская Республика, Северокавказский ФО	43,7	42,7
о-в Диксон	Красноярский край (Арктика), Сибирский ФО	73,5	80,4

Примечания: - Городские станции, являющиеся парными фоновыми, указанным на строку выше, отмечены в табл. 2.6 и 2.7 звездочкой.
- Станция о-в Диксон начала присыпать свою информацию с 2014 г.

В таблице 1.2.3.2 представлена информация о среднем уровне оптического замутнения атмосферы за 2022 г. и 2021 г. для региональных станций фонового мониторинга и трех парных им городских станций.

Как следует из таблицы 1.2.3.2, в 2022 г. по сравнению с предшествующим годом, изменения оптической плотности атмосферы были незначительны. Снижение ОПА наблюдалось на станциях Памятное, Хужир, Сыктывкар*, Курган* и о-в Диксон, причем максимальным оно было в г. Курган*. На остальных станциях наблюдалось повышение ОПА. На станции Иркутск, значение ОПА не изменилось.

Наглядное представление о среднем уровне общего замутнения атмосферы за 2022 г. и стандартных отклонениях осредненных значений ОПА на среднеширотных станциях РФ дает рис. 1.2.3.1.

Таблица 1.2.3.2. Средние за наблюдательный период значения ОПА и стандартные отклонения ($\pm\sigma$) средних месячных значений относительно среднего за год на региональных станциях фонового мониторинга и в парных им городах в 2022 и 2021 гг.

Станция	ОПА $\pm\sigma$ 2022 г.	ОПА $\pm\sigma$ 2021 г.
Туруханск	0,236 \pm 0,026	0,234 \pm 0,018
Усть-Вымь	0,243 \pm 0,028	0,235 \pm 0,025
Сыктывкар*	0,232 \pm 0,029	0,245 \pm 0,019
Воейково	0,263 \pm 0,062	0,260 \pm 0,023
Памятное	0,234 \pm 0,041	0,246 \pm 0,040
Курган*	0,250 \pm 0,040	0,266 \pm 0,031
Хужир	0,226 \pm 0,043	0,236 \pm 0,044
Иркутск*	0,236 \pm 0,040	0,236 \pm 0,035
Шаджатмаз	0,169 \pm 0,037	0,168 \pm 0,025
о-в Диксон	0,228 \pm 0,014	0,239 \pm 0,018

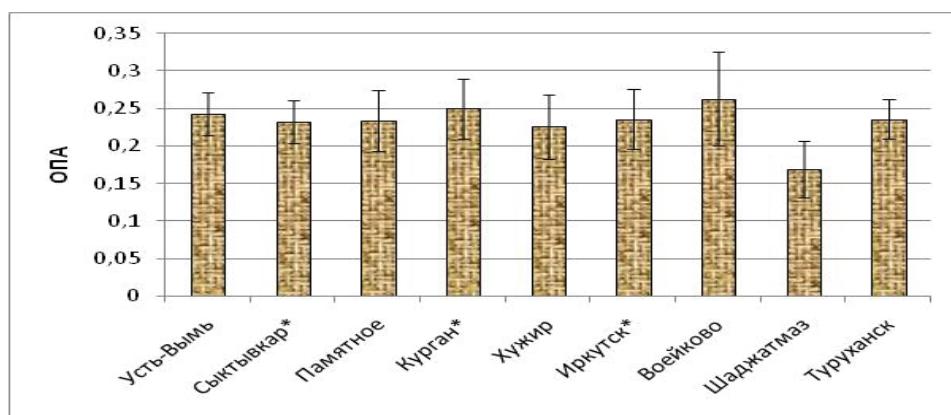


Рис. 1.2.3.1. Осредненные значения ОПА в 2022 г. на среднеширотных фоновых станциях РФ

Из рис. 1.2.3.1 видно, что среднее значение ОПА за 2022 г. по большинству станций, включая городские станции, не превышало величины 0,25.

Самой чистой станцией сохраняется северокавказская станция Шаджатмаз. Это единственная фоновая станция РФ, которая по своему расположению приближается к требованиям ВМО относительно базовых фоновых станций, призванных осуществлять мониторинг глобального фона аэрозольного загрязнения атмосферы. Минимальная степень общего (интегрального) замутнения атмосферы на станции Шаджатмаз (высота 2070 м над уровнем моря) в течение 50 лет наблюдений по сравнению с другими региональными фоновыми станциями РФ позволяет считать эту станцию отражающей изменения глобального фона интегрального оптического замутнения атмосферы.

Особое место занимает станция Воейково, являющаяся экспериментальным полигоном Главной Геофизической обсерватории им. А.И.Воейкова, которая расположена в 12 км от границы Санкт-Петербурга к востоку. Среднегодовое значение ОПА в 2022 г. составило 0,263. Когда ветер дует со стороны Санкт-Петербурга, загрязнение атмосферы в районе станции Воейково существенно возрастает и может достигать городских значений. Это наглядно иллюстрирует рис. 1.2.3.2, где приведен годовой ход ОПА на региональных станциях фонового мониторинга (без парных городских станций) в 2022 г. На станции Воейково среднемесячное значение ОПА в августе составило 0,392, то есть достигло уровня замутнения в условиях большого города.

В силу естественных причин, в том числе повышенного турбулентного обмена, в летний период значения ОПА повсеместно увеличиваются. На всех станциях кривые внутригодовой изменчивости, приведенные на рис. 1.2.3.2, достаточно близки между собой. Лишь станция Шаджатмаз показывает значительно более низкий уровень оптического загрязнения в течение

всего года. Однако даже на этой горной станции в августе 2022 г. среднемесячное значение ОПА составило 0,253, приблизившись по степени замутнения атмосферы к другим региональным фоновым станциям. В июле наиболее высокие значения ОПА были зарегистрированы на степной станции Памятное (0,327) и станции Воейково (0,313).

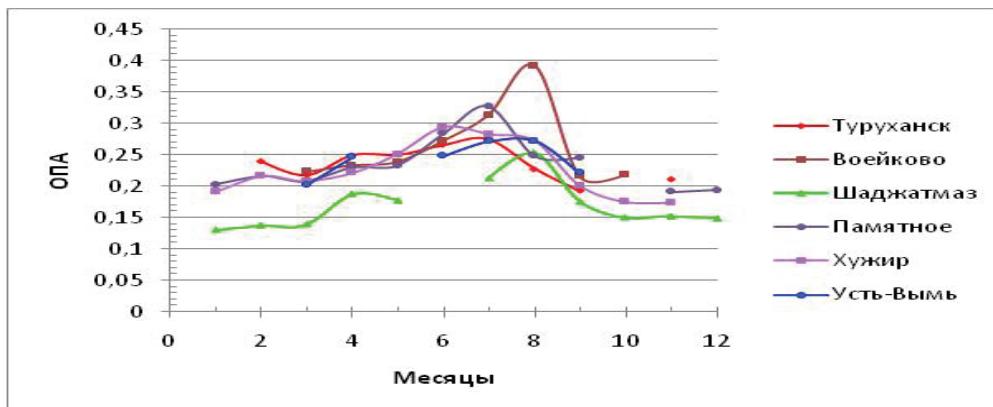


Рис. 1.2.3.2. Годовой ход ОПА в 2022 г. на региональных станциях фонового мониторинга

Превышение в оптическом замутнении атмосферы в городах по сравнению с парными им региональными фоновыми станциями в 2022 г. было незначительным (рис. 1.2.3.1), а на паре станций Усть-Вымь - Сыктывкар среднее за год значение ОПА на фоновой станции Усть-Вымь - превосходило аналогичное значение в Сыктывкаре* (рис. 1.2.3.1). Такой феномен на паре станций Усть-Вымь - Сыктывкар* проявляется в отдельные месяцы не в первый раз, но пока нет полного понимания причины его возникновения. Снижение различий в степени замутнения между парными станциями в 2022 г. отчасти было вызвано некоторым падением оптической плотности атмосферы в парных городах, наблюдаемое в последние два года.

22.06.2022 г. Росгидрометом было издано распоряжение №197-Р «О переходе на климатические нормы периода 1991-2020 гг.». Ранее за нормы ОПА принимались средние значения ОПА за период с 1979 по 2012 гг. Из этого периода были изъяты 1983–1984 гг. и 1992–1993 гг., когда наиболее сильно проявлялось влияние вулканического аэрозоля после извержений вулканов Эль-Чичон (апрель 1982 г.) и Пинатубо и Хадсон (июнь и август 1991 г.). Фактический период наблюдений, по которому рассчитывались нормы, составил 30 лет.

В 2022 г. было проведено сопоставление прежних данных средних многолетних значений ОПА с данными по новым нормам за 1991-2020 гг., из которого следует, что прежние и современные данные достаточно близки (рис. 1.2.3.3). Более значительные различия проявились в стандартных отклонениях. Как видно из рис. 1.2.3.3 30-летние нормы за период 1991-2020 гг. (красная кривая) выше норм, вычисленных за тот же период, но без 1992–1993 гг. (зеленая кривая). Эти различия обусловлены вкладом в интегральное замутнение атмосферы продуктов извержений вулканов Пинатубо и Хадсон, произошедших в июне и августе 1991 г. В данном Обзоре используются требуемые 30-летние нормы за 1991-2020 гг. без вычетов.

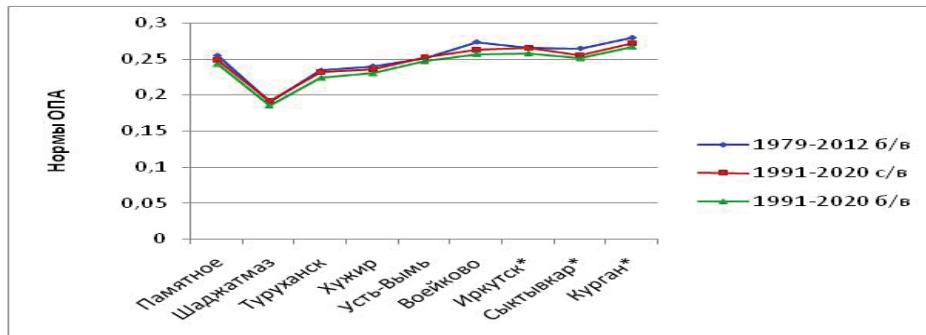


Рис. 1.2.3.3. 30-летние нормы ОПА, рассчитанные для каждой станции фонового мониторинга за 1979-2012 гг. (без учета 1983–1984 гг.) и 1992–1993 гг. (б/в); за 1991-2020 гг. (полностью) (с/в) и за 1991-2020 гг. (без учета 1983–1984 гг.) и 1992–1993 гг. (б/в)

Результаты сопоставления средних значений ОПА, полученных за 2022 г. с климатическими нормами за 1991-2020 гг. по каждой станции представлены на рис. 1.2.3.4.

На большинстве станций общее замутнение атмосферы в 2022 г. было ниже нормы. Наибольшим общее замутнение атмосферы оказалось на самой чистой горной станции Шаджатмаз (-11,5%), и в городах Иркутск* (-11,3%), Сыктывкар* (-9%) и Курган* (-8,1%). На станции Воейково среднегодовое значение ОПА практически совпадало с нормой. Лишь на единственной станции Туруханск среднегодовое значение ОПА превысило норму на 2,5%.

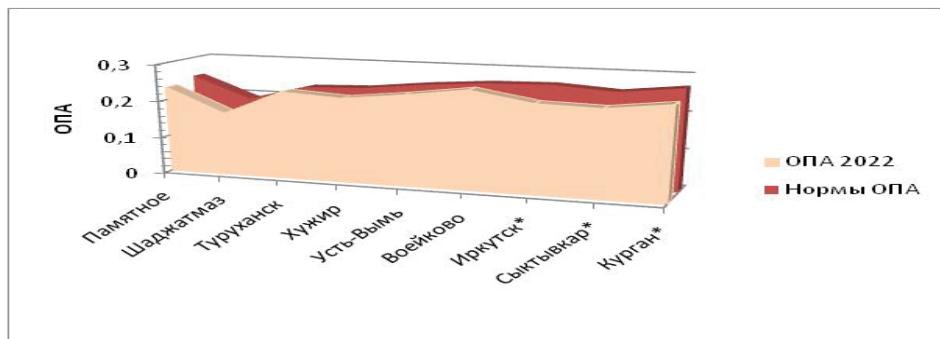


Рис. 1.2.3.4. Средние значения ОПА за 2022 г. по сравнению с 30-летними нормами для каждой станции за 1990-2020 гг.

Межгодовую изменчивость оптической плотности атмосферы можно оценить по изменению нормированных аномалий ОПА (%) на всех фоновых станциях с начала 1970-х гг. и по 2022 г. (рис. 1.2.3.5).

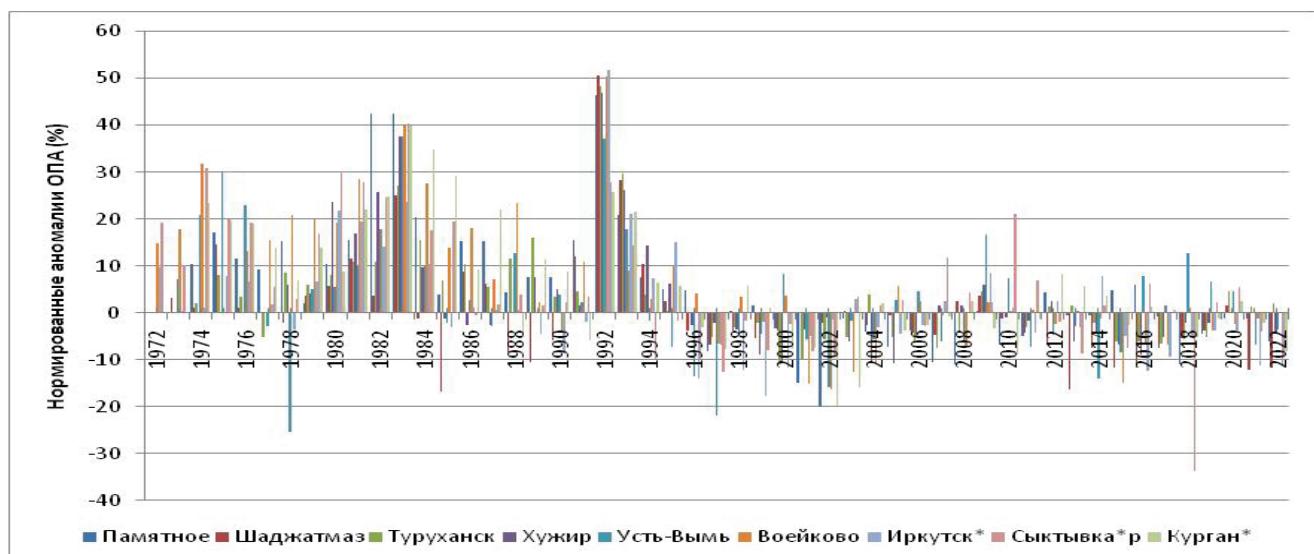


Рис. 1.2.3.5. Нормированные аномалии ОПА(%) на станциях фонового мониторинга

Время проведения наблюдений за ОПА можно разделить на три периода:

1 - Время от начала наблюдений и до середины 1990-х гг. можно считать периодом положительных аномалий ОПА, обусловленных серией мощных вулканических извержений – Фуэго (1974), Эль-Чичон (1982) и Пинатубо и Хадсон (1991). После извержений вулканов Пинатубо и Хадсон (июнь и август 1991 г.), значения положительных нормированных аномалий ОПА достигали 50%.

2 - Середина 1990-х гг. - происходит самоочищение атмосферы, рост прозрачности и уменьшение оптической плотности атмосферы. Постепенно происходит переход нормированных аномалий ОПА в область отрицательных значений, чему способствовало сокращение промышленной активности в постперестроечные годы.

3 - Период с конца 1990-х гг. и по 2022 г. включительно можно охарактеризовать как период, когда на большинстве фоновых станций оптическое замутнение атмосферы было

понижено относительно нормы, а нормированные аномалии ОПА, в основном, принимали отрицательные значения, достигающие на некоторых станциях в отдельные годы -20% (Усть-Вымь в 1978, 1997). Самая большая отрицательная нормированная аномалия была зарегистрирована в Сыктывкаре в 2018 г. (рис. 1.2.3.5), что было связано с условиями, сохранявшимися на этой станции в течение пяти месяцев, когда значения ОПА с марта по июль были аномально низкими.

Периодически на некоторых станциях наблюдались положительные нормированные аномалии. Наиболее заметные по величине были зафиксированы на самой северной фоновой станции Усть-Вымь (Республика Коми) в 2009 г. (+17%) и в 2010 г. на парной ей городской станции Сыктывкар* (+21%). Это совпало по времени с извержением вулкана Эйяфьяллайёкюдль в Исландии.

1.2.4. Электрические характеристики приземного слоя атмосферы

Рассмотрены данные совместных измерений градиента потенциала электрического поля атмосферы V' и удельных полярных электрических проводимостей воздуха $L+$ и $L-$, выполненных на станциях Воейково (В), ОГМС Иркутск (И), ОГМС Верхнее Дуброво (ВД) (Свердловской область). Общая продолжительность измерений в Воейково составила 73 года, в Иркутске - 63 года, в Верхнем Дуброво - 65 лет. Датчики измерителей V' , $L+$ и $L-$ установлены в пределах одного - двух метров от земли. Наблюдения в Воейково, Иркутске и Верхнем Дуброво включены в программу комплексного фонового мониторинга атмосферы с 1980 г.

Обобщенные по сезонам результаты измерений V'_c и L_S за 2015–2022 гг. приведены в таблицах 1.2.4.1 и 1.2.4.2. В скобках указаны минимальные и максимальные среднемесячные значения измеряемых величин за сезон и год.

Таблица 1.2.4.1. Сезонные (V'_c), среднегодовые (V'_r) и среднемесячные минимальные и максимальные (в скобках) значения V' (дав/м) за 2015–2022 гг. на станциях Воейково (В) и Иркутск (И)

Станция	Год	V'_c , (V)				V'_r , (V)
		Зима	Весна	Лето	Осень	
В	2022	10 (7, 13)	8 (10, 6)	6 (5, 7)	7 (5, 8)	8 (5, 13)
	2021	11(10, 11)	10(9, 11)	9(7, 12)	11(10, 11)	10(7, 12)
	2020	9 (7, 11)	10 (7, 12)	7 (6, 8)	9 (8, 10)	9 (6, 12)
	2019	10 (9, 12)	12 (11, 13)	11 (10, 12)	12 (12, 13)	11 (9, 13)
	2018	13 (9, 17)	11 (10, 12)	7 (7, 7)	8 (7, 9)	10 (7, 17)
	2017	12 (10, 14)	13 (11, 15)	11 (8, 12)	10 (10, 10)	11 (8, 15)
	2016	12 (10, 17)	9 (8, 12)	9 (9, 10)	6 (5, 10)	10 (5, 17)
	2015	12 (11, 12)	10 (8, 10)	9 (8, 10)	11 (9, 13)	10 (8, 13)
И	2022	10 (9, 12)	9 (6, 11)	6 (5, 7)	8 (5, 11)	8 (5, 12)
	2021	13(13, 14)	12(7, 14)	5(4, 7)	9(7, 12)	10(4, 14)
	2020	10 (10, 11)	7 (5, 10)	6 (5, 8)	7 (5, 8)	7 (5, 11)
	2019	8 Н	8 Н	6 (5, 6)	9 (6, 13)	8 (5, 13)
	2018	11(10, 12)	9 (6, 11)	6 (5, 6)	7 (7, 7)	8 (5, 12)
	2017	11 (10, 12)	10 (8, 12)	9 (7, 11)	9 (9, 10)	10 (7, 12)
	2016	9 (8, 10)	9 (8, 10)	7 (6, 9)	9 (9, 10)	9 (6, 10)
	2015	10 (9, 11)	8 (6, 10)	6 (6, 6)	8 (5, 10)	8 (5, 11)

Примечание к таблицам 2.8 и 2.9: Средние за сезон значения, полученные по данным за 2 месяца, отмечены буквой «Н» (неполные).

Как видно из таблицы 1.2.4.1, в 2022 г. по сравнению с 2021 г. на станциях Воейково и Иркутск значения градиента потенциала электрического поля V' незначительно уменьшились.

Значения суммарной электрической проводимости L_S в 2022 г. по сравнению с 2021 г. на станции Верхнее Дуброво практически не изменились, а на станциях Воейково и Иркутск увеличились (табл. 1.2.4.2).

На рис. 1.2.4.1 представлен годовой ход V' по станциям Воейково и Иркутск в 2022 г. в сравнении с осредненным годовым ходом V' за период 2015–2021 гг.

Как следует из рис. 1.2.4.1, в 2022 г. на станции Воейково наблюдается незначительное уменьшение среднемесячных значений V' по сравнению с осредненными значениями V' за предшествующий период. На станции Иркутск годовой ход V' близок к осредненному годовому ходу этого параметра за предыдущие годы, за исключением декабря.

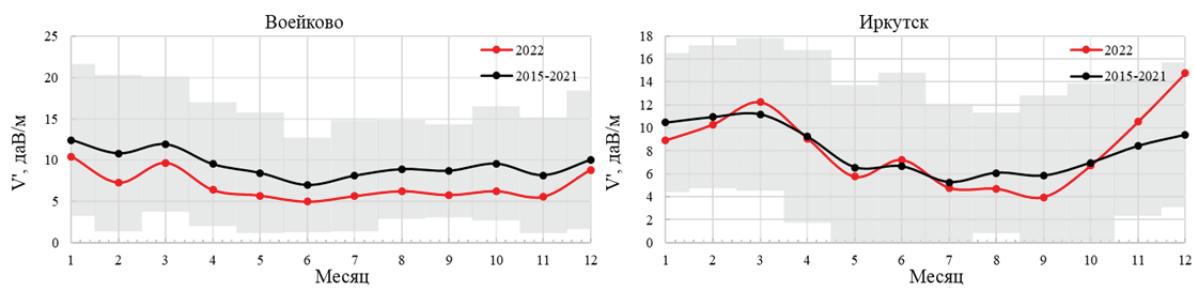


Рис. 1.2.4.1. Годовой ход V' по станциям Воейково, Иркутск в 2022 г. на фоне осредненного годового хода V' за период 2015–2021 гг. Цветным фоном обозначены границы стандартного отклонения $\pm\sigma$ от среднего значения за 2015–2021 гг.

Таблица 1.2.4.2. Сезонные (L_C), среднегодовые (L_Γ) и среднемесячные минимальные и максимальные (в скобках) значения L_S (фСм/м) за 2015–2022 гг. на станциях Верхнее Дуброво (ВД), Воейково (В), Иркутск (И)

Станция	Год	L_C , (L_S)				L_Γ , (L_S)
		Зима	Весна	Лето	Осень	
ВД	2022	12 (11, 13)	10 (9, 11)	16 Н	19 (16, 21)	14 (9, 21)
	2021	14(12, 16)	13(12, 14)	14(11, 15)	14(13, 14)	14(11, 16)
	2020	16 (15, 19)	14 (13, 16)	15 (14, 16)	17 (14, 19)	16 (13, 19)
	2019	12 (11, 13)	15 (13, 17)	16 (13, 19)	17 (16, 20)	15 (11, 20)
	2018	14 (12, 16)	13 (12, 14)	15 (15, 16)	13 (10, 14)	14 (10, 16)
	2017	13 (13, 14)	13 (12, 15)	14 (14, 15)	17 (16, 17)	14 (12, 17)
	2016	19 (Н)	17 (Н)	16 (16, 16)	18 (14, 19)	17 (14, 19)
	2015	17 (17, 17)	16 (15, 17)	17 (16, 18)	17 (14, 19)	17 (14, 19)
В	2022	14 (13, 16)	23 (18, 27)	21 (19, 22)	24 (23, 26)	21 (13, 27)
	2021	14(12, 16)	15(14, 16)	21(17, 25)	21(18, 24)	18(12, 25)
	2020	19 (19, 20)	21 (17, 24)	19 (17, 22)	20 (19, 21)	20 (17, 24)
	2019	15 (11, 16)	18 (15, 21)	19 (18, 20)	18 (17, 20)	18 (11, 21)
	2018	16 (16, 18)	18 (14, 20)	20 (19, 22)	19 (18, 19)	18 (14, 22)
	2017	16 (16, 17)	18 (15, 21)	19 (16, 21)	18 (16, 20)	18 (15, 21)
	2016	14 (11, 18)	17 (15, 19)	16 (14, 18)	18 (17, 20)	16 (11, 20)
	2015	16 (12, 18)	18 (16, 20)	18 (16, 20)	20 (18, 20)	18 (12, 20)
И	2022	22 (21, 23)	22 (21, 23)	26 (23, 28)	30 (28, 32)	25 (21, 32)
	2021	17(16, 18)	23(20, 24)	22(21, 24)	27(26, 27)	22(16, 27)
	2020	22 (19, 25)	28 (22, 32)	28 (27, 30)	27 (23, 30) Н	26 (19, 32)
	2019	21 (18, 24)	23 (22, 25)	22 (20, 23)	28 (26, 33)	24 (18, 33)
	2018	19 (18, 20)	24 (23, 25)	22 (19, 15)	25 (24, 27)	23 (15, 27)
	2017	20 (19, 21)	23 (23, 24)	22 (20, 23)	25 (23, 27)	23 (19, 27)
	2016	15 (13, 17)	20 (19, 22)	18 (17, 21)	19 (19, 21)	18 (13, 22)
	2015	25 (22, 27)	24 (22, 27)	16 (14, 19)	22 (18, 26)	22 (14, 27)

На рис. 1.2.4.2 представлен годовой ход L_S по станциям Воейково, Иркутск, Верхнее Дуброво в 2022 г. в сравнении с осредненным ходом L_S за период 2015–2021 гг.

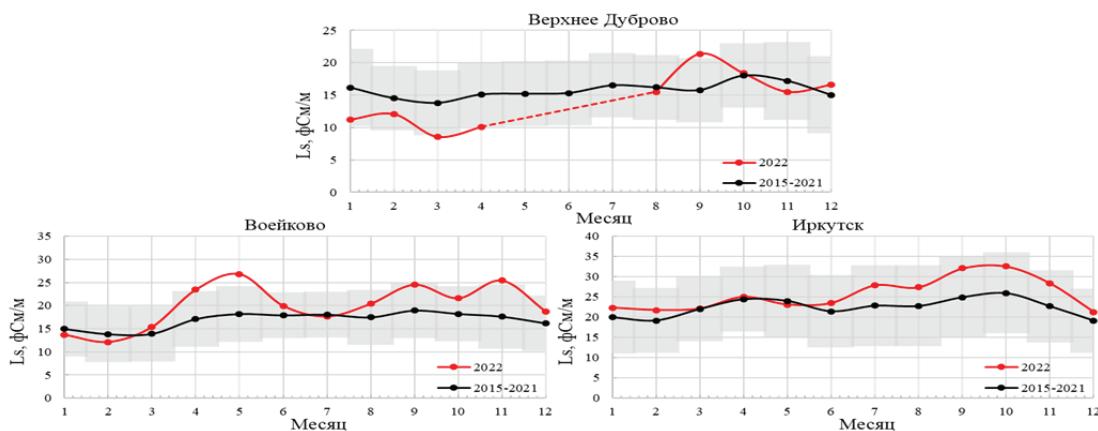


Рис. 1.2.4.2. Годовой ход L_S на станциях Верхнее Дуброво, Воейково, Иркутск в 2022 г. на фоне осредненного годового хода L_S за период 2015–2021 гг. Цветным фоном обозначены границы стандартного отклонения $\pm\sigma$ от среднего значения за 2015–2021 гг.

Как следует из рис. 1.2.4.2, значения L_S за 2022 г. на станции Войково превышают осредненные значения за предшествующий период весной и осенью, а на станции Иркутск в летне-осенний период.

На станции Верхнее Дуброво значения L_S в первой половине года ниже осредненных значений. Однако во второй половине года среднемесячные значения L_S практически совпадают с осредненными за 2015–2021 гг. значениями, исключение составляет сентябрь. При этом значения L_S находятся в рамках среднеквадратического отклонения.

Среднемесячные вариации электрических характеристик атмосферы (ЭХА) в различных регионах

Помимо суточных и сезонных вариаций ЭХА важным элементом фонового мониторинга окружающей среды является отслеживание тенденций изменения за различные периоды для выявления, как циклических локальных вариаций, так и глобальных трендов.

На рис. 1.2.4.3 представлены графики среднемесячных значений V' для станций Войково, Иркутск, Верхнее Дуброво, Южно-Сахалинск, Тикси и Диксон за период с 2015 по 2022 гг.

Стоит отметить, что более значительное уменьшение V' на станции Диксон в последние годы связано с установкой вблизи выносного блока измерителя «Поле-2М» аэрологической антенны в 2020 г., которая внесла искажение в электрическое поле, вызвав его уменьшение.

Анализ данных V' за период с 2015 г. показал, что на всех станциях существуют циклические сезонные вариации V' , при этом на всех станциях наблюдается отрицательный тренд V' .

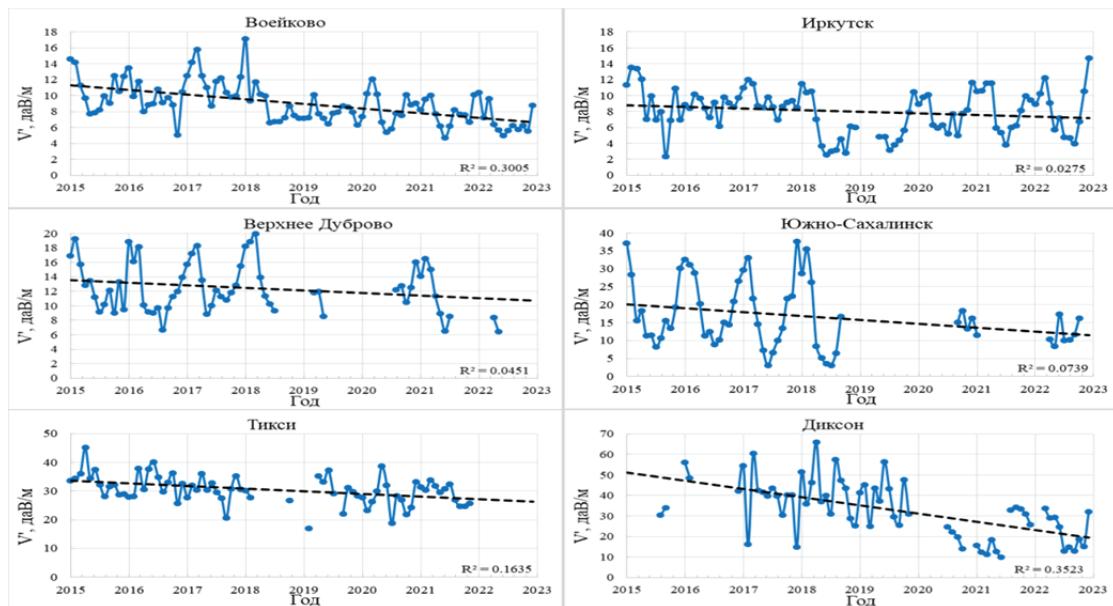


Рис. 1.2.4.3. Среднемесячные тренды V' на сети станций мониторинга ЭХА

На рис. 1.2.4.4 приведены аналогичные графики для L_S . Из графиков видно, что на станциях Войково и Иркутск наблюдается положительный тренд. Данный тренд хорошо согласуется физической моделью зависимости V' от L_S . При этом на станциях Верхнее Дуброво и Южно-Сахалинск данный тренд имеет нисходящую направленность. На станциях, расположенных на побережье Северного Ледовитого океана (Тикси и Диксон), тренда либо отсутствует, либо не имеет какой-либо статистической значимости.

Следует отметить, что сезонность годового хода L_S менее выражена на континентальных станциях по сравнению с высокотропными станциями Тикси и Диксон.

Так, на обеих арктических станциях наблюдается ярко выраженный минимум в феврале-апреле и максимум в июле-сентябре. Зимне-весенний минимум является следствием повышения концентрации углеродосодержащих аэрозольных частиц, поступающих посредством меридионального переноса в данное время года из более низких широт.

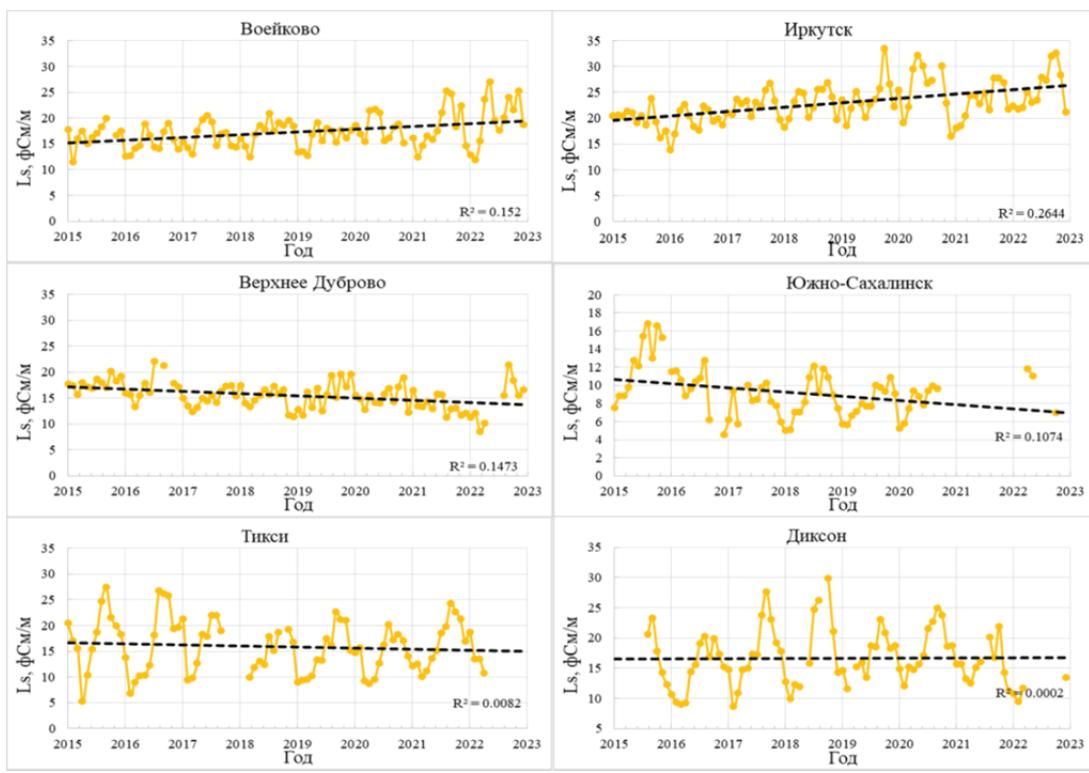


Рис. 1.2.4.4. Среднемесячные тренды L_s на сети станций мониторинга ЭХА

1.3. Химический состав атмосферных осадков

1.3.1. Загрязняющие вещества в атмосферных осадках

Тяжелые металлы

В 2022 г. средневзвешенные годовые фоновые концентрации свинца в атмосферных осадках составили: на территории Кавказского БЗ - около 0,5 мкг/л, Приокско-Террасного БЗ - около 4 мкг/л, Астраханского БЗ - около 1,0 мкг/л, Воронежского БЗ - около 0,7 мкг/л, Алтайский БЗ - 0,8 мкг/л. Средневзвешенные годовые фоновые концентрации свинца в атмосферных осадках на территориях всех заповедников в рассматриваемый период находились в диапазоне значений предыдущих лет (табл. 1.3.1.1, рис. 1.3.1.1).

Таблица 1.3.1.1. Уровни содержания загрязняющих веществ в атмосферных осадках фоновых районов по результатам наблюдений СКФМ и среднегодовые концентрации за 2022 г.

Заповедник	Период наблюдений	Свинец, мкг/л		Кадмий, мкг/л		Ртуть, мкг/л	
		Диапазон	2022 г.	Диапазон	2022 г.	Диапазон	2022 г.
Кавказский БЗ	1982-2022	0,19 - 69,0	0,5	0,010-49,0	0,25	0,001-22,4	0,5
Приокско-Террасный БЗ	1983-2022	0,2 - 69,0	4,3	0,009-20,0	0,13	0,01-80,0	1,25
Астраханский БЗ	1987-2022	0,05 - 91,0	1,0		0,84	0,02-376,0	0,3
Воронежский БЗ	1989-2022	0,18 - 44,2	0,7	0,025-19,0	0,06	0,001-311,0	0,06
Яйлю	1998-2022	0,25 - 48,0	0,8	0,011-12,5	0,1	0,001-0,97	0,2

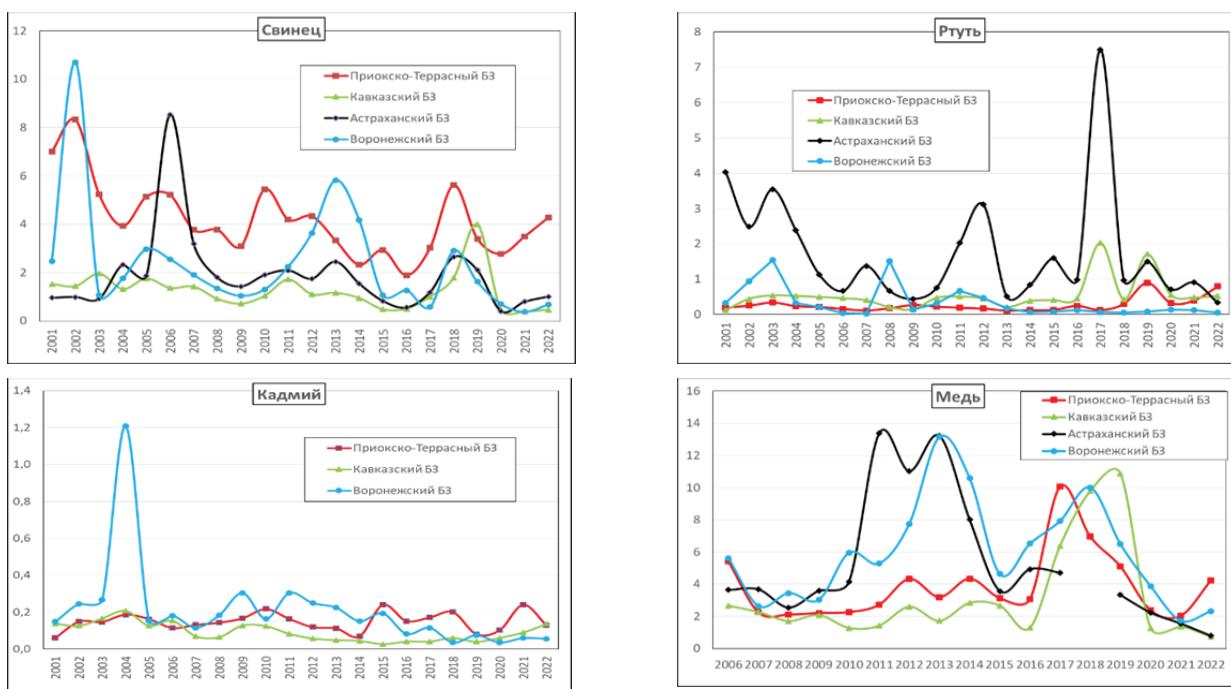


Рис. 1.3.1.1. Изменения среднего содержания тяжелых металлов в атмосферных осадках фоновых районов в 2001-2022 гг.

Максимальная среднемесячная концентрация свинца в осадках на территории Кавказского БЗ была отмечена в январе (около 1,2 мкг/л). В остальные месяцы концентрация свинца не превышала 1 мкг/л.

В Приокско-Террасном БЗ максимальные среднемесячные концентрации свинца в атмосферных осадках были отмечены в июле и сентябре (10 и 20 мгк/л соответственно). Минимальное значение (менее 1 мгк/л) было зафиксировано в феврале.

На территории Астраханского БЗ максимальные среднемесячные концентрации свинца были отмечены в феврале и июне (1,8 мгк/л и 2,0 мгк/л соответственно). В основном, содержание свинца в атмосферных осадках на территории Астраханского заповедника в рассматриваемый период было ниже 1 мгк/л.

В Воронежском БЗ максимальные концентрации в атмосферных осадках были зафиксированы в мае и июне (около 1,6 мкг/л), а минимальные - в апреле и сентябре (около 0,1 мкг/л).

На территории Алтайского БЗ максимальное содержание свинца в осадках было отмечено в декабре (1,6 мкг/л). В апреле-мае и августе-сентябре среднемесячные концентрации свинца были выше 1 мкг/л, в остальные месяцы концентрации были ниже 1 мкг/л.

На территории Приокско-Террасный БЗ влажные выпадения свинца в 2022 г. составили около $3,5 \text{ мг}/\text{м}^2$, на территории Кавказского БЗ - около $1 \text{ мг}/\text{м}^2$, Астраханского БЗ - около $0,2 \text{ мг}/\text{м}^2$, Воронежского заповедника - около $0,5 \text{ мг}/\text{м}^2$, Алтайского заповедника - около $0,6 \text{ мг}/\text{м}^2$.

В 2022 г. средневзвешенные годовые фоновые концентрации кадмия в атмосферных осадках составили: на территории Кавказского БЗ - 0,035 мкг/л (без учета экстремально высокого значения), Приокско-Террасного БЗ - около 0,13 мкг/л, Воронежского БЗ - 0,06 мкг/л, Алтайского БЗ - 0,10 мкг/л. Средневзвешенные годовые фоновые концентрация кадмия в атмосферных осадках на территориях перечисленных заповедников в рассматриваемый период соответствовали уровню предыдущих лет (табл. 1.3.1.1, рис. 1.3.1.1).

На территории Кавказского БЗ экстремально высокая концентрация кадмия была зафиксирована в январе (более 1 мкг/л). В феврале содержание кадмия в атмосферных осадках было повышенным - около 0,22 мкг/л., в остальные месяцы среднемесячное содержание кадмия было ниже 0,05 мкг/л, а минимальное значение было зарегистрировано в мае (менее 0,01 мкг/л).

Наиболее высокое содержание кадмия в атмосферных осадках в Приокско-Террасном БЗ было отмечено в январе и мае (0,3 и 0,5 мкг/л). Наиболее низкие значения были зафиксированы в ноябре (0,03 мкг/л). В большинстве месяцев содержание кадмия было ниже 0,1 мкг/л.

На территории Воронежского заповедника среднемесячное содержание кадмия в атмосферных осадках варьировало в диапазоне от 0,01 до 0,12 мкг/л. Максимальное значение было зафиксировано в январе, а минимальное - в марте.

На территории Алтайского заповедника максимальное содержание кадмия было зафиксировано в марте (0,21 мкг/л). Почти в половине месяцев года среднемесячное содержание кадмия в атмосферных осадках Алтайского заповедника было ниже 0,05 мкг/л, с минимальным значением в январе (около 0,01 мкг/л).

На территории Приокско-Террасный БЗ влажные выпадения кадмия в 2022 г. составили около $0,5 \text{ мг}/\text{м}^2$, Кавказского БЗ - около $0,5 \text{ мг}/\text{м}^2$ (из которых $0,43 \text{ мг}/\text{м}^2$ - в январе), Астраханского БЗ - около $0,2 \text{ мг}/\text{м}^2$, Воронежского заповедника - около $0,04 \text{ мг}/\text{м}^2$, Алтайского заповедника - около $0,06 \text{ мг}/\text{м}^2$.

В 2022 г. средневзвешенные годовые фоновые концентрации ртути в атмосферных осадках составили: на территории Кавказского БЗ - около 0,55 мкг/л, Приокско-Террасного БЗ - около 1,3 мкг/л, Астраханского БЗ - около 0,33 мкг/л, Воронежского БЗ - около 0,06 мкг/л, Алтайского БЗ - 0,22 мкг/л. В Приокско-Террасном, Кавказском и Астраханском заповедниках в некоторые месяцы было зафиксировано высокое содержание ртути в атмосферных осадках. Среднегодовые концентрации ртути в атмосферных осадках на территориях всех заповедников в рассматриваемый период соответствовали диапазонам значений предыдущих лет (табл. 1.3.1.1, рис. 1.3.1.1).

На территории Кавказского БЗ экстремально высокая концентрация ртути была зафиксирована в апреле (выше максимальных значений, определяемых используемым методом). Повышенные концентрации, превышающие 1 мкг/л, были зафиксированы в марте и мае. Минимальное содержание ртути в атмосферных осадках на территории Кавказского БЗ составило 0,01 - 0,015 мкг/л.

На территории Приокско-Террасного БЗ повышенное содержание ртути (выше 1 мкг/л) было отмечено в атмосферных осадках в августе-сентябре. Минимальное содержание ртути в атмосферных осадках на территории Приокско-Террасного БЗ было отмечено в октябре - около 0,02 мкг/л.

На территории Астраханского БЗ повышенные концентрации ртути (выше 1 мкг/л) были зафиксированы в атмосферных осадках в январе, а минимальное содержание - в марте (около 0,02 мкг/л).

В Воронежском БЗ содержание ртути в атмосферных осадках, в основном, находилось ниже 0,1 мкг/л, за исключением концентрации в октябре, составившей 0,23 мкг/л. Минимальная концентрация ртути была зарегистрирована в июле (около 0,015 мкг/л).

На территории Алтайского заповедника наиболее высокое среднемесячное содержание ртути было отмечено в июне (0,75 мкг/л). В некоторые месяцы содержание ртути на территории данного заповедника превышало 0,1 мкг/л. Наиболее низкое содержание ртути в осадках на территории Алтайского БЗ было зафиксировано в феврале и мае (менее 0,05 мкг/л).

На территории Приокско-Террасного БЗ влажные выпадения ртути в 2022 г. составили около 1,0 мг/м², Кавказского БЗ - около 1,1 мг/м², Астраханского БЗ - около 0,07 мг/м², Воронежского заповедника - около 0,04 мг/м², Алтайского заповедника - около 0,15 мг/м².

В 2022 г. средневзвешенные годовые фоновые концентрации меди в атмосферных осадках составили: на территории Кавказского БЗ - 1 мкг/л, Приокско-Террасного БЗ - около 4 мкг/л, Воронежского БЗ - 2,3 мкг/л, Алтайского БЗ - менее 1 мкг/л. Среднегодовые концентрации меди в атмосферных осадках на территориях всех заповедников в рассматриваемый период находились в диапазоне значений предыдущих лет (рис. 1.3.1.1).

На территории Кавказского БЗ содержание меди в атмосферных осадках почти во все месяцы было ниже 2 мкг/л. Минимальное значение, на уровне предела обнаружения, было зафиксировано в июле.

На территории Приокско-Террасного БЗ наиболее высокое содержание меди в атмосферных осадках отмечалось в зимние месяцы (около 26 мкг/л). В остальные месяцы среднемесячные концентрации меди варьировали в диапазоне от 1 до 3,5 мкг/л.

На территории Астраханского БЗ содержание меди варьировало в основном в диапазоне от 0,35 мкг/л до 2 мкг/л. Максимальная концентрация составила около 8 мкг/л. Среднемесячные концентрации ниже 0,5 мкг/л были отмечены в нескольких месяцах на протяжении всего рассматриваемого периода.

В Воронежском БЗ наибольшее содержание меди в атмосферных осадках было отмечено с января по март (3,4 мкг/л, 4,2 мкг/л и 3,2 мкг/л соответственно). Минимальное содержание меди было отмечено в августе (менее 1 мкг/л).

На территории Алтайского заповедника содержание меди варьировало от 0,2 мкг/л до 1,7 мкг/л. Минимальное значение было зафиксировано в январе - феврале. Максимальное содержание меди было отмечено с марта по май (около 1,5 мкг/л).

На территории Приокско-Террасного БЗ влажные выпадения меди в 2022 г. составили около 2,2 мг/м², на территории Кавказского БЗ - около 1,5 мг/м², Астраханского БЗ - около 0,17 мг/м², Воронежского заповедника - около 1,8 мг/м², Алтайского заповедника - около 0,5 мг/м².

1.3.2. Фоновый уровень ионного состава атмосферных осадков

В систему Глобальной службы атмосферы (ГСА) ВМО входят 10 станций, распределенных по двум зонам: Европейская часть России (ЕЧР) — Усть-Вымь, Приокско-Террасный биосферный заповедник (БЗ), Воронежский БЗ, Шаджатмаз и Кавказский БЗ; Азиатская часть России (АЧР) – Туруханск, Хужир, Памятная, Тикси и Терней (Сихотэ-Алинский БЗ). Дополнительно были рассмотрены данные по химическому составу осадков (ХСО) станции Приморская. В соответствии с рекомендацией ВМО на большинстве станций отбирались недельные пробы осадков, на станциях Хужир и Тикси – месячные пробы, а на станции Приморская – суточные пробы.

Во всех отобранных пробах анализируется содержание основных ионов – гидрокарбонатов (HCO_3^-), хлоридов (Cl^-), сульфатов (SO_4^{2-}), нитратов (NO_3^-), ионов аммония (NH_4^+), калия (K^+), натрия (Na^+), магния (Mg^{2+}), кальция (Ca^{2+}), а также определяются показатели удельной электропроводности (проводимости) k и pH в соответствии с рекомендациями ГСА ВМО. Сумма основных ионов характеризует минерализацию осадков (M).

Основные характеристики химического состава осадков фоновых станций в 2022 г., а также за период 2018-2022 гг. представлены в табл. 1.3.2.1 и 1.3.2.2.

В 2022 г. средневзвешенные значения минерализации осадков фоновых станций в целом по Российской Федерации варьировали в пределах от 3,1 мг/л в Приокско-Террасном БЗ до 12,0 мг/л в Шаджатмазе. В целом, как и ранее, минерализация осадков была выше на АЧР, по сравнению с ЕЧР.

В 2022 г. по сравнению с предыдущим периодом на всех станциях ЕЧР, кроме Шаджатмаза, минерализация осадков снизилась в пределах 5-15%. Увеличение минерализации было характерно для осадков Шаджатмаза, вследствие увеличения на 10% концентрации гидрокарбонатов, кальция и магния в осадках.

На АЧР наибольшие изменения минерализации осадков в 2022 г. были характерны для Тикси. По сравнению со средним значением за 2018-2022 гг. сумма ионов в осадках снизилась на 15% вследствие изменения соотношения основных ионов в химическом составе. Так, в 2022 г. в осадках Тикси значительно сократилась доля азотсодержащих соединений (аммония и нитратов) и калия, но увеличилась концентрация гидрокарбонатов. При этом доля сульфатов увеличилась в пределах 5%. На остальных станциях АЧР минерализация осадков изменилась в пределах 10%.

В ионном балансе атмосферных осадков большинства станций преобладающими примесями являлись: из анионов – гидрокарбонаты или сульфаты, из катионов – кальций или натрий. Для Приокско-Террасного БЗ и Усть-Выми характерно преобладание сульфатов и нитратов в осадках. В морском климате (Тикси) соотношение примесей в ионном балансе осадков изменяется вследствие иногда значительного преобладания морской составляющей, способствующей увеличению концентрации хлоридов и натрия.

Таблица 1.3.2.1. Средневзвешенные концентрации ионов и величины pH и удельной электропроводности (k) в осадках на станциях фонового мониторинга, 2022 г.

Станция	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	M	pH, мкСм/см	
	мг/л											
ЕЧР												
Усть-Вымь	0,73	0,40	0,79	2,02	0,27	0,65	0,18	0,46	0,05	5,6	6,1	12,4
Приокско-Террасный БЗ	0,64	0,29	0,92	0,42	0,23	0,10	0,10	0,32	0,05	3,1	5,6	10,1
Воронежский БЗ	1,61	0,83	1,45	1,55	0,55	0,50	0,43	0,75	0,09	7,8	5,7	18,2
Кавказский БЗ	1,12	0,39	0,69	1,29	0,23	0,23	0,09	0,67	0,06	4,8	5,7	14,2
Шаджатмаз	1,54	0,56	1,36	5,16	0,68	0,24	0,27	1,90	0,25	12,0	6,6	24,9
АЧР												
Памятное	1,46	1,12	1,42	2,20	0,54	0,66	0,68	0,74	0,17	9,0	6,1	20,3
Туруханск	1,95	0,88	0,68	3,40	0,24	0,63	0,30	1,14	0,28	9,5	6,2	19,4
Хужир	1,18	0,57	0,70	1,74	0,15	0,32	0,23	0,61	0,23	5,7	6,2	17,3
Сихотэ-Алинский БЗ (Терней)*	2,16	1,19	0,71	0,74	0,37	0,86	0,24	0,41	0,12	5,9	5,3	12,7
Тикси	2,55	1,40	0,16	4,43	0,14	1,02	0,35	0,53	0,37	11,0	5,9	22,3
Приморская (EANET)**	2,90	1,76	1,31	1,41	1,00	0,69	0,64	0,76	0,15	10,6	5,8	25,6

Примечание: * данные по ХСО ст. Терней рассчитаны за период с января по август 2022 г.

** данные по ХСО ст. Приморская рассчитаны за период с января по июль 2022 г.

В 2022 г. по сравнению с периодом 2018-2022 гг. концентрация гидрокарбонатов в осадках Шаджатмаза увеличилась на 20%, составив 5,16 мг/л., что является максимальным значением на ЕЧР. Минимальное содержание гидрокарбонатов характерно для осадков Приокско-Террасного БЗ - 0,42 мг/л, где в 2022 г. по сравнению с 2018-2022 гг. отмечается их

рост на 40%. В целом за период 2018-2022 гг. на большинстве станций ЕЧР содержание гидрокарбонатов в осадках не превышало 2,0 мг/л (рис. 1.3.2.1 а).

На АЧР высокое содержание гидрокарбонатов в атмосферных осадках характерно для Туруханска и Памятной, а в 2022 г. диапазон колебания составил от 0,74 до 4,43 мг/л в Тикси (рис. 1.3.2.1 б).

Пространственная неоднородность сульфатов проявляется повышенным их содержанием в осадках АЧР по сравнению с осадками ЕЧР. В 2022 г. диапазон концентрации сульфатов в осадках ЕЧР варьировал от 0,64 (Приокско-Террасный БЗ) до 1,61 мг/л (Воронежский БЗ), составив в среднем 1,13 мг/л. На АЧР минимальное содержание сульфатов наблюдалось в осадках Хужира (1,18 мг/л), максимальное – в осадках Приморской (2,90 мг/л), а среднее значение составило 1,94 мг/л.

Таблица 1.3.2.2. Средневзвешенные концентрации ионов и величины рН и удельной электропроводности (k) осадков станций фонового мониторинга, 2018-2022 гг.

Станция	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	HCO_3^-	NH_4^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	M	pH	$k, \mu\text{Сm}/\text{сm}$	
	мг/л												
ЕЧР													
Усть-Вымь	1,04	0,44	0,84	1,85	0,42	0,52	0,22	0,46	0,06	5,9	5,9	13,2	
Приокско-Террасный БЗ	0,90	0,42	1,02	0,26	0,25	0,15	0,13	0,35	0,06	3,5	5,4	11,1	
Воронежский БЗ	2,01	1,01	1,73	1,44	0,48	0,65	0,50	0,79	0,11	8,7	5,6	21,1	
Кавказский БЗ	1,29	0,44	0,80	1,23	0,22	0,22	0,12	0,72	0,07	5,1	5,7	14,7	
Шаджатмаз	1,71	0,51	1,43	4,18	0,64	0,25	0,27	1,58	0,19	10,8	6,3	19,6	
АЧР													
Памятное	2,03	1,22	1,47	2,12	0,58	0,77	0,59	0,80	0,21	9,8	5,9	23,8	
Туруханск	1,75	0,68	0,61	3,52	0,20	0,54	0,28	0,83	0,45	8,9	6,3	17,5	
Хужир	1,07	0,40	0,45	2,49	0,18	0,21	0,18	0,42	0,41	5,8	6,2	15,0	
Сихотэ-Алинский БЗ (Терней)	2,06	1,21	1,27	0,45	0,38	0,70	0,22	0,58	0,18	7,1	5,6	15,9	
Тикси	2,44	3,77	0,31	2,37	0,34	1,99	0,52	0,54	0,31	12,6	5,8	25,5	
Приморская (EANET)	2,86	1,51	1,45	1,13	0,84	0,74	0,46	0,74	0,22	10,0	6,0	23,3	

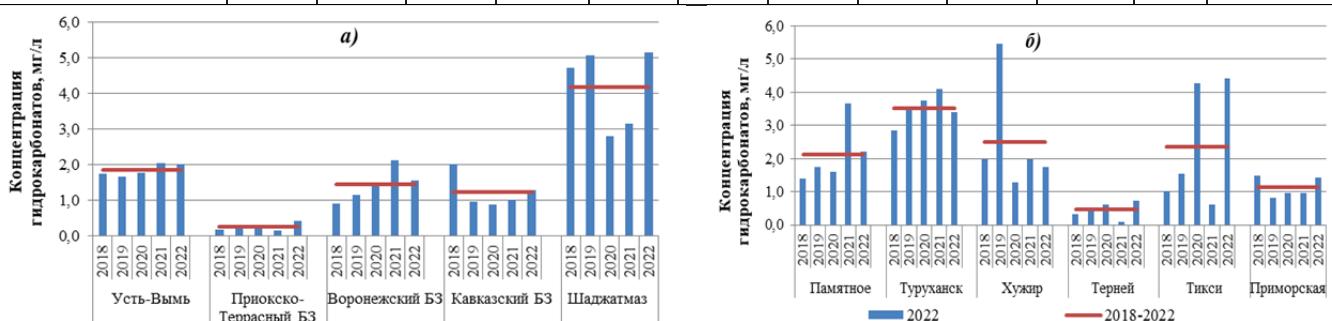


Рис. 1.3.2.1. Изменение средневзвешенной концентрации гидрокарбонатов в осадках фоновых станций ЕЧР (а) и АЧР (б), 2018-2022 гг.

В 2022 г. на всей ЕЧР отмечалось снижение сульфатов в осадках по сравнению как со средним значением 2018-2022 гг., так и со значением за 2021 г. (рис. 1.3.2.2 а).

В осадках Приокско-Террасного БЗ и Усть-Выми содержание сульфатов снизилось в среднем на 40%. Высокие содержания сульфатов в осадках характерны для Воронежского БЗ, где в 2020 г. была зафиксирована максимальная концентрация - 2,44 мг/л, а в 2022 г. концентрации сульфатов снизились в 1,5 раза - 1,61 мг/л. В целом за 5-летний период средневзвешенная концентрация сульфатов в осадках на большей части ЕЧР не превышала 1,5 мг/л с отклонениями до 2,0-2,4 мг/л в Воронежском БЗ и в Шаджатмазе.

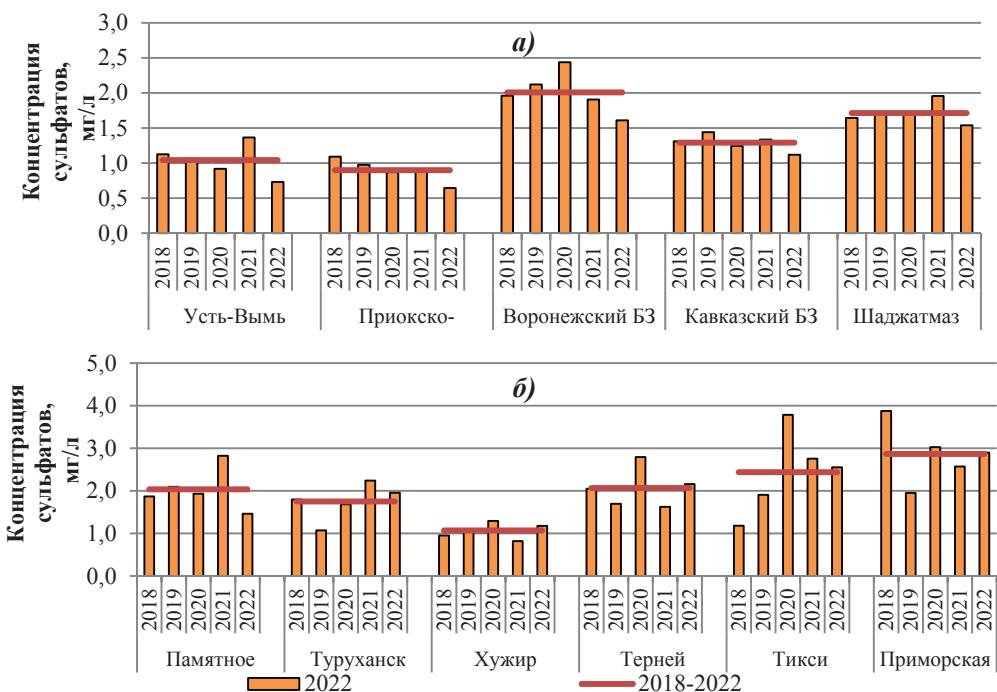


Рис. 1.3.2.2. Изменение средневзвешенной концентрации сульфатов в осадках фоновых станций ЕЧР (а) и АЧР (б), 2018-2022 гг.

Средневзвешенная концентрация сульфатов в осадках АЧР в 2018-2022 гг. для большинства станций, в основном, не превышала 3,0 мг/л с небольшими отклонениями до 4,0 мг/л в отдельные годы в Тикси и Приморской (рис. 1.3.2.2 б). В 2022 г. по сравнению с предыдущим годом изменений концентрации сульфатов в осадках обеих станций практически не произошло. Снижение концентрации сульфатов на 30% выявлено в осадках Памятной.

Пространственная неоднородность хлоридов также проявляется повышенным их содержанием в осадках АЧР по сравнению с осадками ЕЧР. В 2022 г. диапазон изменения концентрации хлоридов в осадках составил от 0,29 до 0,83 мг/л на ЕЧР и от 0,57 до 1,76 мг/л на АЧР (рис. 1.3.2.3). Максимальные концентрации хлоридов и наибольшие временные колебания характерны для прибрежной станций – Тикси. В 2022 г. по сравнению со средним значением за 5 лет в осадках Тикси концентрация хлоридов снизилась в 2,7 раза. Рост содержания хлоридов в осадках был отмечен для Хужира и Туруханска – на 30% и 20% соответственно.

На ЕЧР в 2022 г. на всех фоновых станциях, за исключением станции Шаджатмаз, произошло снижение концентрации хлоридов в осадках по сравнению со средним значением за 5 лет. Для осадков Приокско-Террасного содержание хлоридов в 2022 г. составило 0,29 мг/л и стало минимальным за последние 5 лет.

Диапазон изменения нитратов в осадках в 2022 г. составил от 0,69 до 1,45 мг/л на ЕЧР и от 0,16 до 1,42 мг/л на АЧР. Среднее их содержание в 2022 г. было выше в осадках ЕЧР. Как и ранее, в 2022 г. максимальные концентрации нитратов наблюдались в осадках Воронежского БЗ и Шаджатмаза, Памятной и Приморской. В 2022 г. продолжилась тенденция изменения концентрации нитратов в осадках Воронежского и Кавказского БЗ, где их содержание снизилось примерно на 20% (рис. 1.3.2.4 а). В целом за 5-летний период средневзвешенные концентрации нитратов в осадках ЕЧР, за исключением Воронежского БЗ, не превышали 1,5 мг/л.

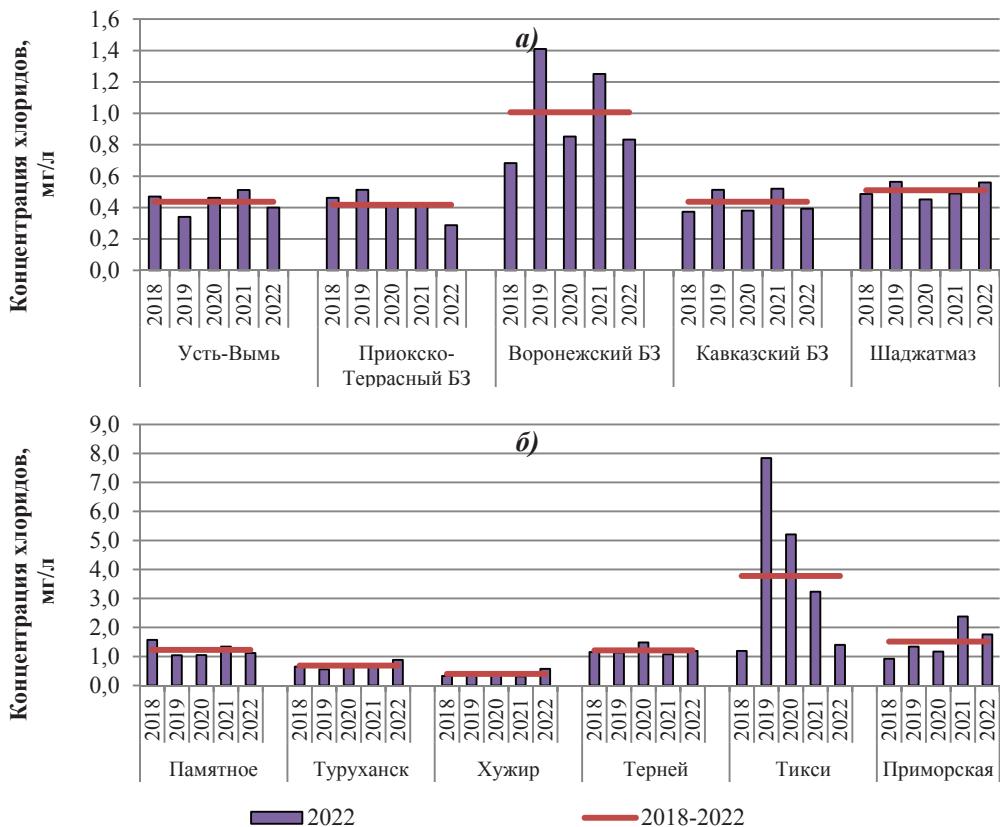


Рис. 1.3.2.3. Изменение средневзвешенной концентрации хлоридов в осадках фоновых станций ЕЧР (а) и АЧР (б), 2018-2022 гг.

В 2022 г. по сравнению со средним значением за последнее пятилетие концентрации нитратов снизились в осадках большинства станций АЧР (рис. 1.3.2.4 б). Наибольшие изменения произошли в Тернене и Тикси – в среднем на 85%. При этом доля нитратов в осадках Хужира увеличилась на треть. Наименьшие колебания содержания нитратов в осадках АЧР характерны для Туруханска, где их концентрация за 2018-2022 гг. не превышала 0,70 мг/л. В осадках Памятной в 2022 г. по сравнению с предыдущим годом произошло снижение концентрации как нитратов – на 30%, так и аммония – на 50%.

Концентрация аммония в осадках фоновых станций в 2022 г. составила в среднем 0,4 мг/л с наиболее широким диапазоном колебания на АЧР. Максимальные концентрации наблюдались в осадках Приморской, составив 1,0 мг/л. Низкие содержания аммония были характерны для осадков Приокско-Террасного и Кавказского БЗ, а также Туруханска, Хужира и Тикси, составив в среднем 0,20 мг/л.

Из катионов в осадках ЕЧР и АЧР, за исключением Тикси, преобладал преимущественно кальций, максимальные концентрации которого характерны для Шаджатмаза и Туруханска и в 2022 г. составили соответственно 1,90 и 1,14 мг/л. В осадках Тикси содержание натрия выше практически в 2 раза по сравнению с остальными фоновыми.

Пространственные особенности химического состава осадков проявляются изменением рН. В 2022 г. средневзвешенные значения pH осадков фоновых станций, за исключением Терненя, были близки или выше равновесного значения (5,6).

Выпадение веществ с осадками. Годовые потоки загрязняющих веществ с атмосферными осадками рассчитываются на основе данных по химическому составу и их количеству. Географическое распределение поступления веществ на единицу площади может отличаться от распределения концентраций этих веществ, так как зависит от общей суммы осадков.

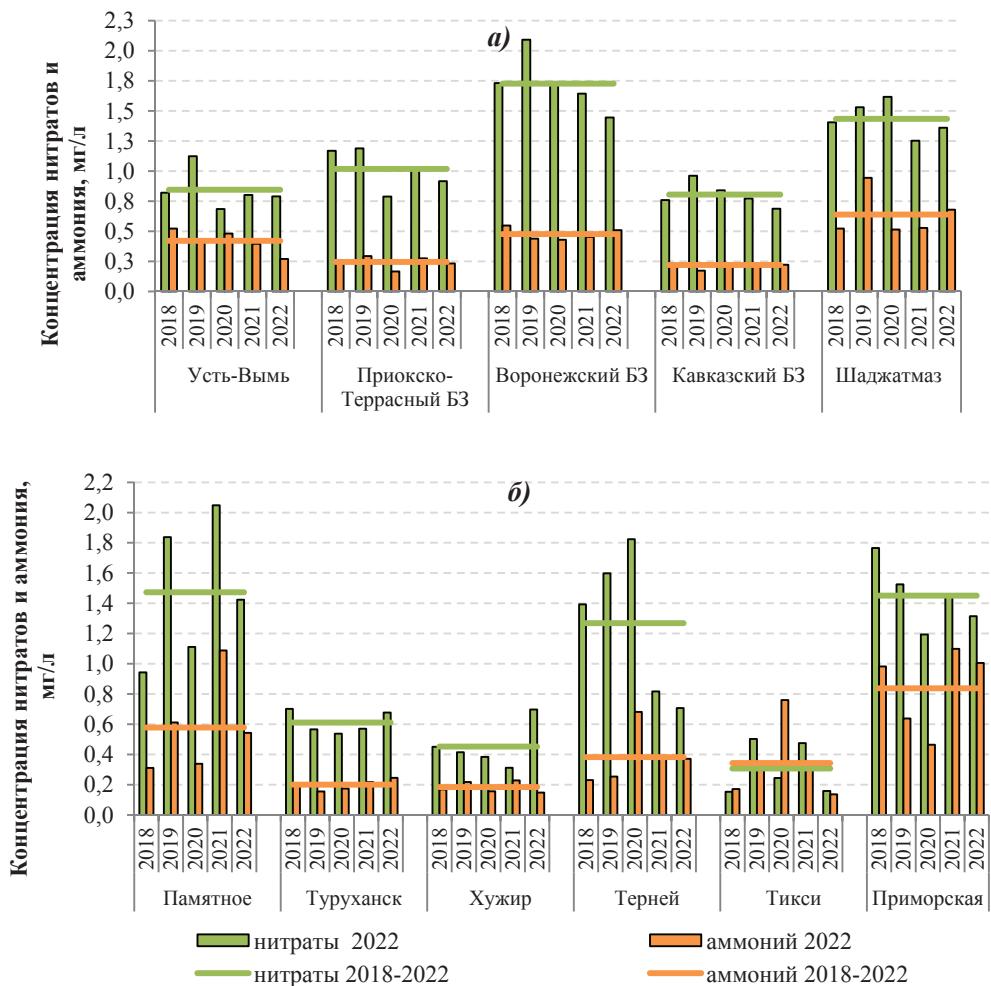


Рис. 1.3.2.4. Изменение концентрации нитратов и аммония в осадках фоновых станций ЕЧР (а) и АЧР (б), 2018-2022 гг.

Величина суммарных влажных выпадений (Р) загрязняющих компонентов на большинстве фоновых станций в значительной степени определяется суммой осадков. Влажные выпадения веществ всегда более высокие на станциях с большим количеством осадков. Так, на ЕЧР максимальные суммарные выпадения характерны для Кавказского БЗ и в 2022 г. составили $10,1 \text{ т}/\text{км}^2$ при сумме выпавших за год осадков $2115,8 \text{ мм}$, а на АЧР – для Туруханска ($7,0 \text{ т}/\text{км}^2$ при сумме выпавших за год осадков $741,7 \text{ мм}$) и Приморской – ($4,0 \text{ т}/\text{км}^2$ при выпавшей сумме осадков $383,1 \text{ мм}$). На всей территории ЕЧР, кроме Воронежского БЗ, суммарные выпадения веществ на фоновых станциях снизились по сравнению с предыдущим годом (рис. 1.3.2.5). В Воронежском БЗ рост суммы выпавших осадков, практически вдвое, привел к увеличению уровня суммарных выпадений и составил $6,6 \text{ т}/\text{км}^2$.

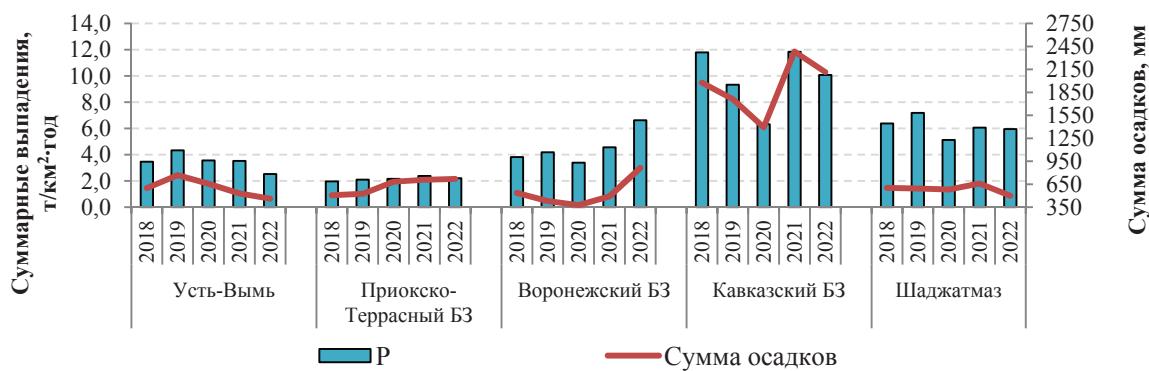


Рис. 1.3.2.5. Суммарные влажные выпадения на ЕЧР, 2018-2022 гг.

В целом, за последние 5 лет, несмотря на изменение минерализации осадков, суммарные выпадения веществ колеблются около одного уровня и, как правило, не превышают 2,5 т/км²·год в Приокско-Террасном БЗ, 4 т/км²·год в Усть-Выми, 6 т/км²·год - в Воронежском БЗ и 8 т/км²·год - в Шаджатмазе. В зависимости от суммы выпавших осадков диапазон суммарных влажных выпадений в Кавказском БЗ за период с 2018 по 2022 гг. составил от 6,0 до 12,0 т/км²·год.

В 2022 г. практически на всей территории АЧР влажные выпадения или снизились, или сохранились на уровне предыдущего года. Минимальные влажные выпадения (до 1,5 т/км²·год) на АЧР характерны для Хужира, где годовая сумма осадков редко превышает 250 мм (рис. 1.3.2.6).

Наибольший интерес представляют выпадения кислотных компонентов - серы сульфатной ($\text{S}(\text{SO}_4^{2-})$) и суммарного азота ($\Sigma\text{N} = \text{N}(\text{NO}_3^-) + \text{N}(\text{NH}_4^+)$), значения которых за 2022 г. представлены в табл. 1.3.2.3.

Выпадения серы сульфатной в 2022 г. были несколько выше на ЕЧР, что связано с большим количеством выпадающих осадков в Кавказском БЗ, и составили от 0,11 до 0,79 т/км²·год, а на АЧР - 0,06-0,48 т/км²·год. Минимальные выпадения серы с осадками на ЕЧР характерны для Приокско-Террасного БЗ и Усть-Выми и в 2022 г. составили в среднем 0,13 т/км², а за последнее пятилетие уровень выпадений, как правило, не превышал 0,2 т/км²·год (рис. 1.3.2.7).

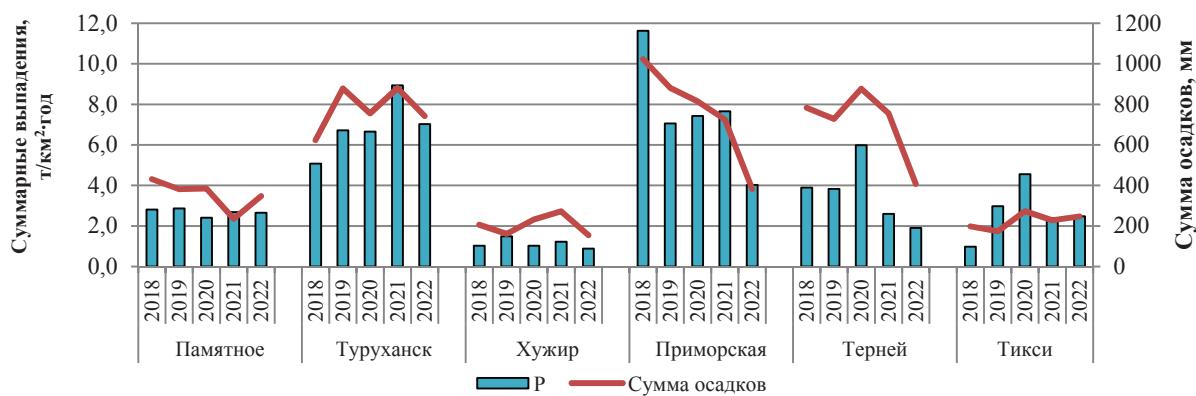


Рис. 1.3.2.6. Суммарные влажные выпадения на АЧР, 2018-2022 гг.

Таблица 1.3.2.3. Выпадение серы, азота и суммы ионов (Р) с осадками, 2022 г.

Станция	q, мм	S(SO_4)	N(NO_3)	N(NH_4)	ΣN	P	N(NH_4)/N(NO_3)	S / ΣN
		т/км ² ·год						
ЕЧР								
Усть-Вымь	461,5	0,11	0,08	0,09	0,17	2,53	1,1	0,6
Приокско-Террасный БЗ	718,1	0,15	0,15	0,13	0,28	2,22	0,9	0,6
Воронежский БЗ	862,1	0,46	0,28	0,37	0,65	6,63	1,3	0,7
Кавказский БЗ	2115,8	0,79	0,33	0,38	0,71	10,1	1,2	1,1
Шаджатмаз	499,1	0,26	0,16	0,27	0,43	5,95	1,7	0,6
АЧР								
Памятная	347,1	0,17	0,11	0,15	0,26	3,13	1,3	0,7
Туруханск	741,7	0,48	0,11	0,14	0,25	7,02	1,2	1,9
Хужир	155,0	0,06	0,02	0,02	0,04	0,88	0,7	1,4
Сихотэ-Алинский БЗ (Терней)*	246,9	0,20	0,01	0,02	0,03	2,48	2,9	6,1
Тикси	383,1	0,37	0,11	0,29	0,41	4,03	2,6	0,9
Приморская**	407,2	0,29	0,07	0,12	0,18	2,80	1,8	1,6

Примечание: * данные по ХСО ст. Терней рассчитаны за период с января по август 2022 г.

** данные по ХСО ст. Приморская рассчитаны за период с января по июль 2022 г.

В Кавказском БЗ выпадения серы в 2022 г. по сравнению с 2021 г. снизились вследствие, как снижения выпавшей суммы осадков, так и снижения концентрации в них сульфатов, и не превысили 0,8 т/км²·год. Аналогичная картина характерна для Шаджатмаза и Усть-Выми, где уровень выпадений сульфатной серы снизился практически вдвое по сравнению с предыдущим годом.

На АЧР минимальные выпадения серы характерны для Хужира, что объясняется низким содержанием сульфатов и малым количеством выпадающих здесь осадков (рис. 1.3.2.8). За последнее 5 лет уровень выпадения серы с осадками на АЧР, как правило, не превышал 0,5 т/км²·год.

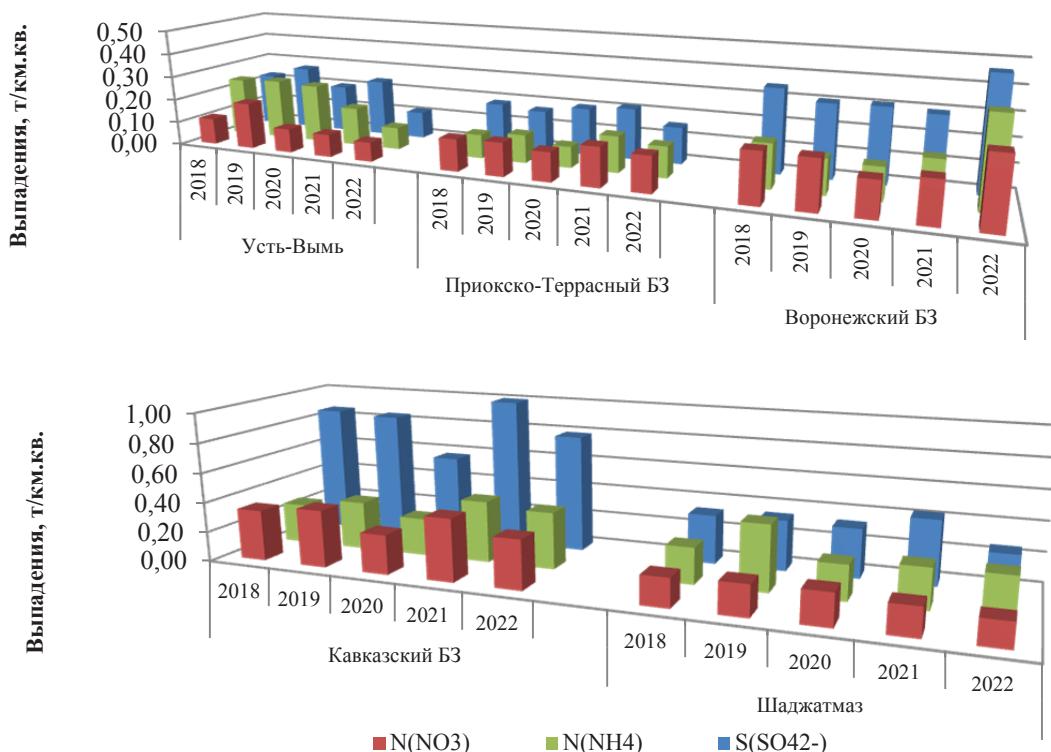


Рис. 1.3.2.7. Выпадения серы (S), азота нитратного (N(NO₃)) и азота аммонийного (N(NH₄)) с атмосферными осадками на станциях ЕЧР в период с 2018 по 2022 гг.

Для большинства фоновых станций ЕЧР характерно преобладание выпадений азота над выпадениями серы с осадками. Исключение относится только к Кавказскому БЗ, где наибольшая интенсивность потоков соединений серы. Для АЧР характерна обратная картина - на большинстве станций интенсивность выпадений серы превышает интенсивность выпадений соединений азота с осадками.

Процесс закисления наземных экосистем будет проходить наиболее интенсивно в случае преобладания в осадках азота аммонийного над азотом нитратным. Это имеет существенное значение в районах, где нагрузка соединений азота на экосистемы соизмерима с влиянием сульфатов.

В 2022 г. интенсивность потоков соединений азота от суммарной величины выпадений составила от 7 (в Усть-Выми и Кавказском БЗ) до 13% (в Приокско-Террасном БЗ) на ЕЧР и от 1 (в Тикси) до 10% (в Приморской) – в Тикси 0,41 от 4,03 – это 10%, а в Приморской – 0,18 от 2,8 – 6%. Если пересчитать все станции на АЧР, то получится от 1 (в Тернее) до 10% (в Тикси) на АЧР. Превышение поступления с осадками азота аммиачного над азотом нитратным характерно для большинства фоновых станций, как ЕЧР, так и АЧР.

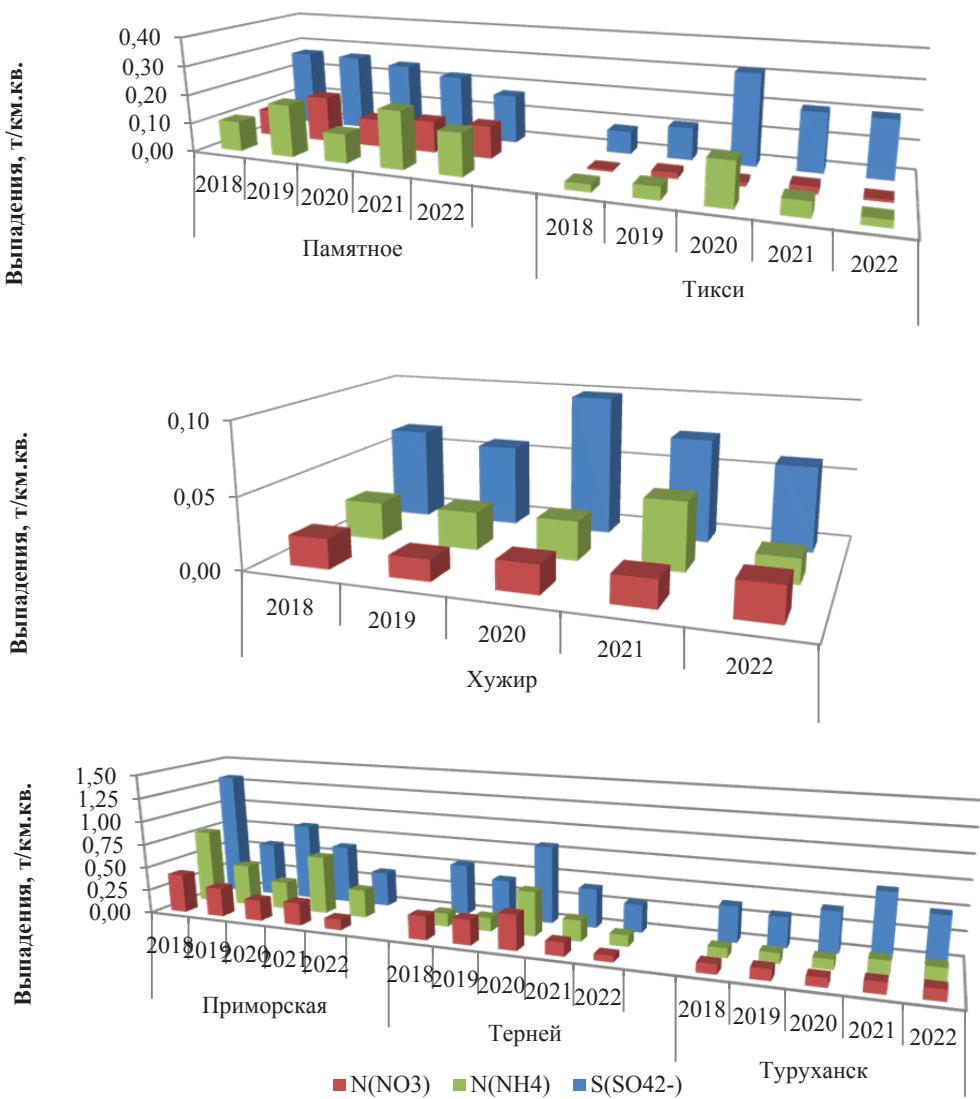


Рис. 1.3.2.8. Выпадения серы (S), азота нитратного ($N(NO_3)$) и азота аммонийного ($N(NH_4)$) с атмосферными осадками на станциях АЧР в период с 2018 по 2022 гг.

1.4. Загрязнение воздуха и осадков соединениями серы и азота по данным станций мониторинга ЕАНЕТ

В рамках выполнения программ наблюдений международной Сети мониторинга выпадения кислотных осадков в Восточной Азии (EANET) на территории Азиатской части России с 2000 г. постоянно работают 4 станции: три в регионе оз. Байкал - Иркутск (городская), Листвянка (региональная, внегородская) и Монды (фоновая); одна в Приморском крае – Приморская (региональная, внегородская). В течение более 20 лет только станции ЕАНЕТ предоставляют результаты регулярного мониторинга содержания загрязняющих веществ в атмосфере вне городов на азиатской части России.

Среднее содержание SO_2 на станциях Листвянка и Иркутск значительно превышало уровни, отмечавшиеся на других станциях ЕАНЕТ, возрастая в основном за счет высоких значений зимой (рис. 1.4.1). Для всех станций наблюдается снижение за последние 15 лет концентраций азот- и серосодержащих компонентов аэрозолей. Это ведет к уменьшению содержания взвешенных частиц в целом, так как в их химическом составе наибольшие вклады за весь период наблюдения на всех станциях ЕАНЕТ были характерны для сульфатов, определяющих 40-60% состава атмосферных аэрозолей по массе. В Приморском крае характерное ранее преобладание аэрозольной фракции сульфосодержащих соединений сменилось их резким уменьшением в период 2018-2022 гг., снизившись до уровня содержания газовых фракций. При этом в общем составе измеряемых веществ в атмосфере возрос относительный вклад газообразного восстановленного азота (аммиака), особенно в теплый период.

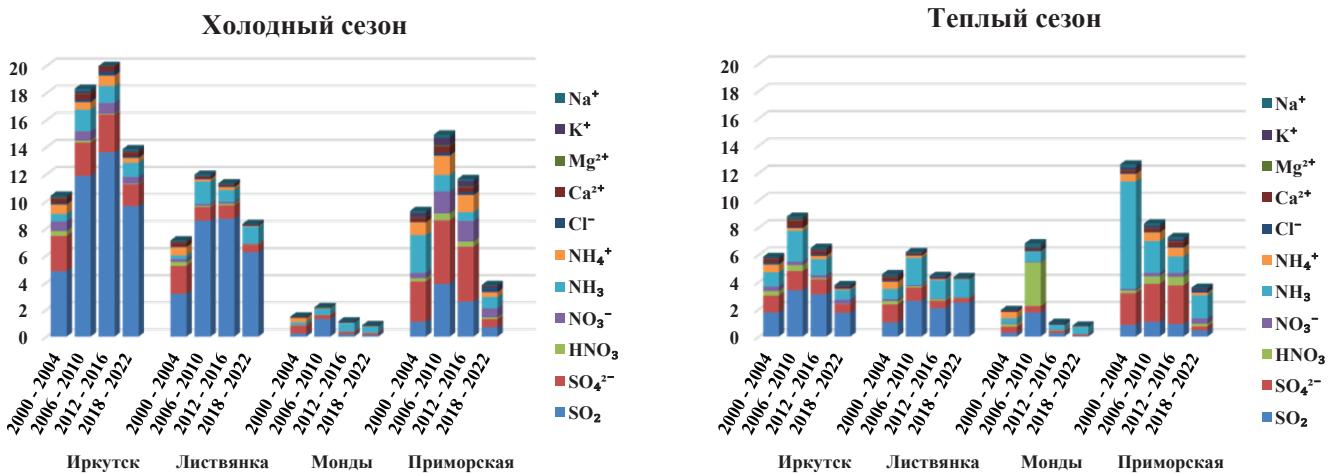


Рис. 1.4.1 Изменение средних за пять лет значений содержания кислотообразующих веществ в общем составе аэрозолей и в виде газов ($\mu\text{g m}^{-3}$) на станциях ЕАНЕТ в холодный (слева) и теплый (справа) периоды в 2000-2022 г.

По данным за последние 20 лет среднегодовое содержание газовых примесей в воздухе имело тенденцию к возрастанию только для SO_2 и NH_3 на станциях ЕАНЕТ в регионе оз. Байкал, при этом по измерениям в 2022 г. средние концентрации были несколько ниже, чем в предыдущие годы; там же, на станциях Иркутск и Листвянка в целом отмечается более высокое среднее содержание SO_2 (рис. 1.4.2). На станции Приморская продолжает наблюдаться снижение концентраций кислотообразующих веществ в атмосферном воздухе, при этом все еще характерны более высокие, по сравнению с другими станциями, концентрации в атмосферных аэрозолях. На станции Монды характерны наиболее низкие концентрации наблюдаемых веществ в течение всего периода проведения мониторинга. В годовом ходе содержания в воздухе аэрозолей сульфатов и нитратов на региональных станциях хорошо выражен максимум во второй половине холодного периода.

В зимние месяцы года на Дальнем Востоке (в Приморье) наблюдается относительно малое количество осадков, в январе 2022 г. зафиксировано отсутствие атмосферных выпадений,

сменившее значение менее 3 мм/мес в декабре предыдущего года. Самая высокая среднемесячная концентрация сульфатов там наблюдалась в ноябре (11,8 мг/л), что в 3 раза выше среднегодовой концентрации (рис. 1.4.3). Для азотсодержащих компонентов в этом регионе также наблюдалось увеличение концентраций в конце осени-начале зимы.

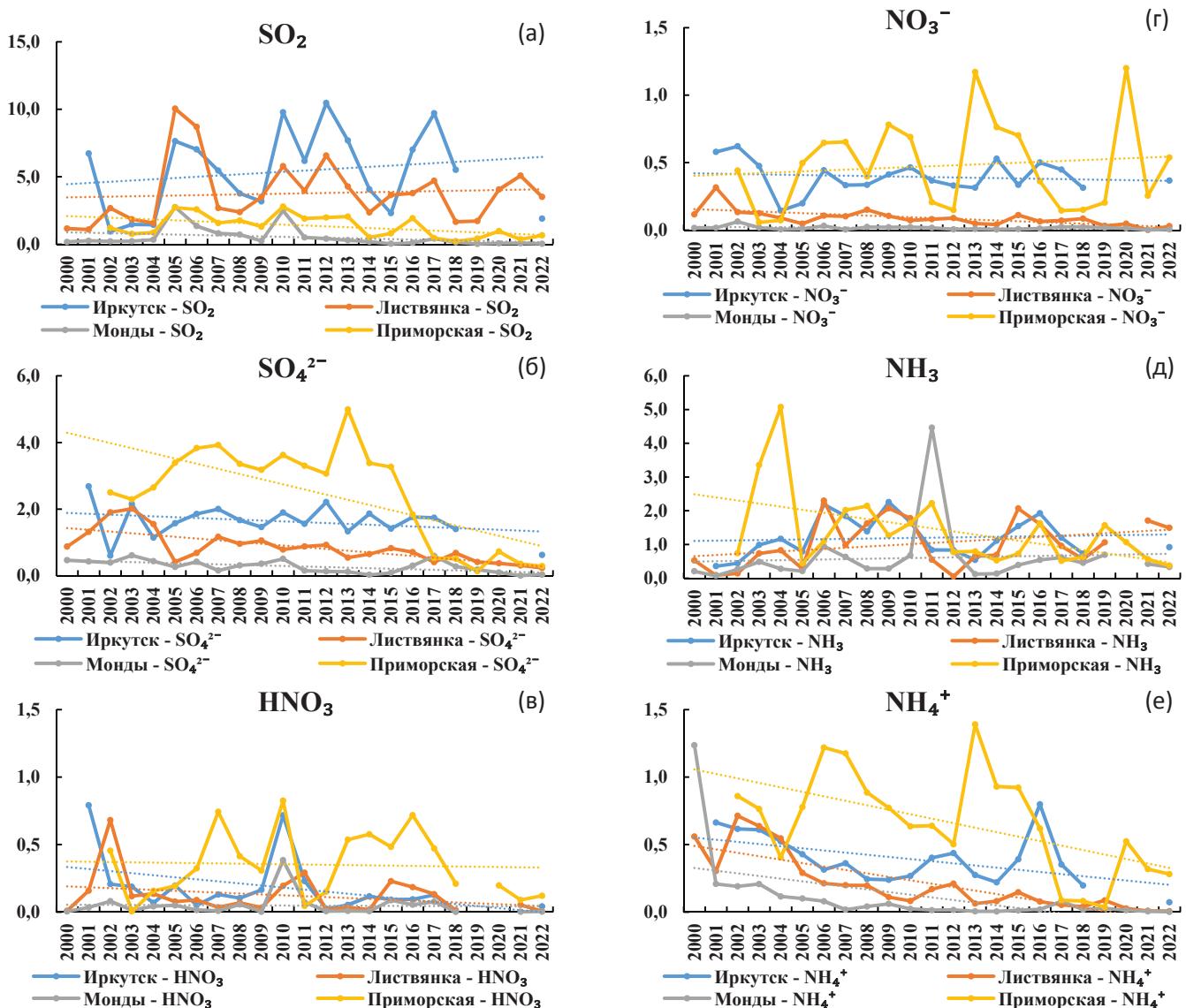


Рис. 1.4.2. Изменения средних годовых концентраций соединений серы (а, б) и азота (в, г, д, е) в атмосферном воздухе на станциях ЕАНЕТ (мкг м^{-3})

Наибольшие потоки основных анионов отмечены в Приморье в конце лета - начале осени (0,16-0,18 g/m^2 для NO_3^- , 0,09-0,11 для NH_4^+ и 0,25-0,56 g/m^2 SO_4^{2-} , соответственно) при максимальных количествах выпавших атмосферных осадков в июле-августе, когда наблюдались значения концентраций, ниже среднегодовых за 2022 г.

На юге Восточной Сибири также прослеживается годовой ход концентраций практически всех веществ с наибольшими значениями в весенние и/или зимние месяцы, кроме концентраций нитратов в осадках. Сезонные изменения выпадений веществ определяются главным образом годовым ходом осадков, чем обуславливается несовпадение пиков концентраций и выпадений для Иркутска и Листвынки при меньшем количестве осадков в холодный период.

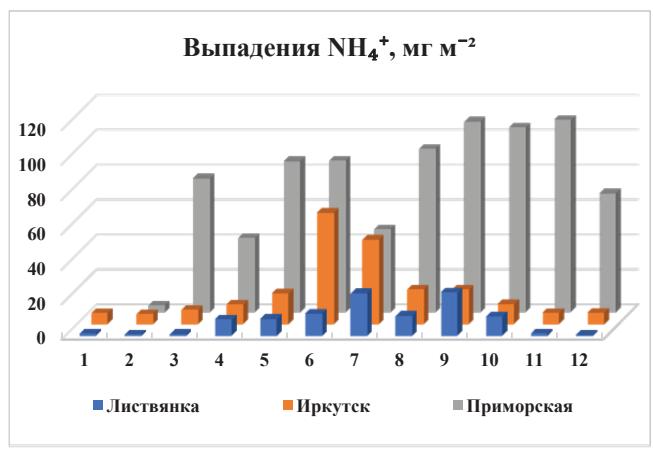
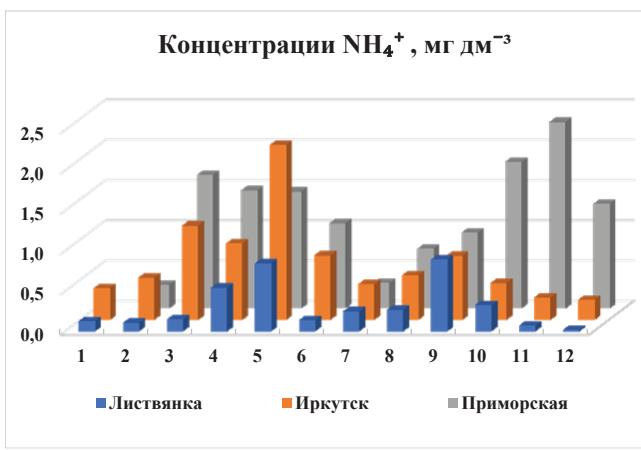
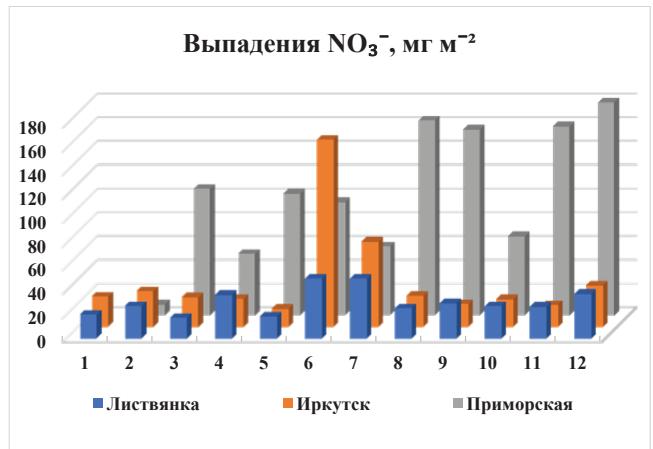
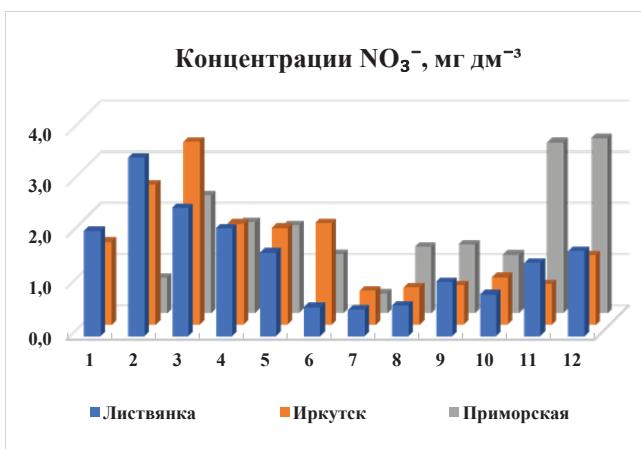
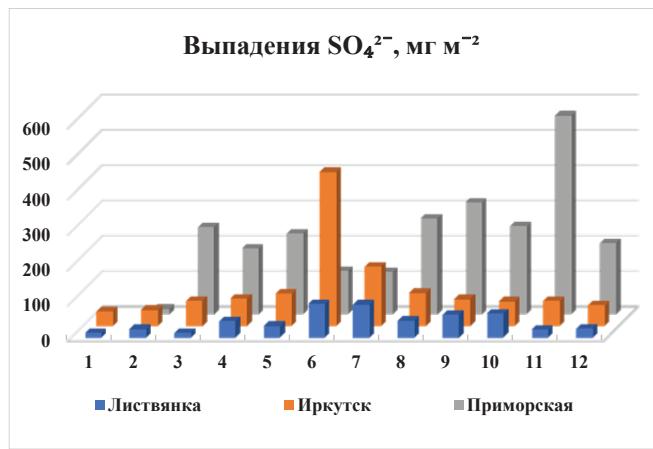
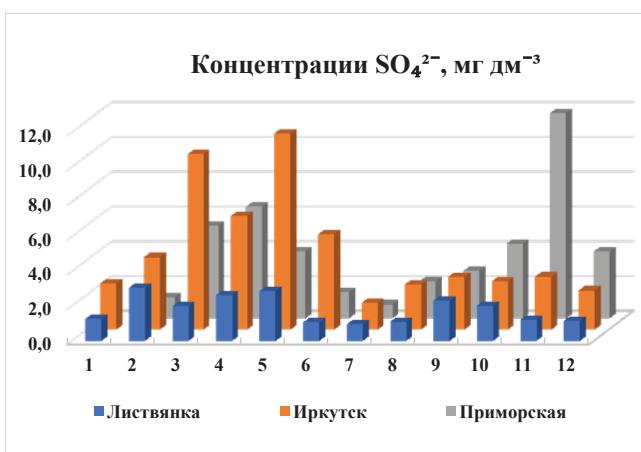


Рис. 1.4.3. Годовой ход концентраций (слева) и выпадений (справа) основных кислотообразующих ионов с осадками на станциях ЕАНЕТ в 2022 году

В целом годовые выпадения с осадками в 2022 г. для ст. Листвянка и ст. Примorskaya составили для сульфатов 0,59 г/м² и 2,76 г/м², соответственно, для нитратов 0,40 и 1,25 г/м², аммония 0,12 и 0,91 г/м², что несколько ниже для Байкальского региона, но значительно выше в Приморье, чем в 2020-2021 г.

1.5. Выпадения серы и азота в результате трансграничного переноса загрязняющих воздух веществ.

Главную роль в формировании трансграничного загрязнения воздуха и осадков играет перенос выброшенных в атмосферу кислотообразующих соединений, главным образом, газообразных оксидов серы и азота. В ходе дальнего переноса в атмосфере происходит их химическая трансформация до кислотных ионов, и формируются выпадения на территории соседних стран в виде кислотных осадков и сухого осаждения аэрозолей. Мониторинг трансграничного загрязнения в рамках выполнения международной «Совместной программы наблюдения и оценки распространения загрязнителей воздуха на большие расстояния в Европе» (ЕМЕП – Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe) в 2022 г. проводился на четырех станциях ЕМЕП, расположенных в северо-западном регионе России (Зареченск, Пинега) и в центральной части Европейской России: Данки (юг Московской области) и Лесной заповедник (Тверская область). Работавшая по программе ЕМЕП с 1980 г. станция Янискоски (69° с.ш.) была закрыта, и с начала 2022 г. вместо нее была организована новая станция ЕМЕП Зареченск (67° с.ш.), расположенная в том же Северо-Западном регионе, в Мурманской области. Несмотря на то, что из-за изменения места станции ЕМЕП предыдущий непрерывный ряд наблюдений прервался, открытие новой станции позволило провести текущую оценку выпадений загрязняющих веществ в этом регионе. Основные измерения по программе мониторинга ЕМЕП представляют собой регулярный анализ содержания в воздухе и атмосферных осадках основных химических соединений, определяющих кислотно-щелочной баланс выпадений. По результатам обработки годовых массивов данных наблюдений для районов размещения станций оценены величины атмосферных выпадений серы и азота, образующие приоритетные кислотообразующие соединения.

При использовании традиционного анализа степени закисления атмосферных осадков по величине pH, показателю концентрации свободных ионов водорода, необходимо учитывать, что он также характеризует соотношение анионов закисляющих соединений и щелочных нейтрализующих катионов, образующихся и абсорбируемых в облачных слоях в ходе переноса. На это соотношение влияют как природные, так и антропогенные факторы. Осадки, отобранные на станциях ЕМЕП, можно отнести к природно-нейтральным ($5 < \text{pH} < 7$). Распределение повторяемости наблюдавшихся значений pH суточных осадков в различных диапазонах характера кислотности представлено в табл. 1.5.1, из которой видно, что в 2022 г. кислые осадки с $\text{pH} < 4$ практически не наблюдались; на всех станциях повторяемость выпадений атмосферных осадков с pH от 5 до 6 превышала 50%.

Таблица 1.5.1. Распределение измеренных значений показателя кислотности (ед. pH) по диапазонам характера закисления атмосферных осадков в районах расположения российских станций ЕМЕП в 2022 г.

Станция (широта, гр. с.ш.)	pH минимальное	pH максимальное	pH среднее	Доля проб в диапазоне pH, %				
				< 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	> 7
Зареченск, 67	4,21	6,68	5,07	0	36	59	5	0
Пинега, 65	4,70	7,88	6,00	0	1	52	44	3
Лесной, 56	3,68	6,79	4,93	1	25	64	10	0
Данки, 55	4,41	7,32	5,19	0	20	70	9	1

По данным многолетних наблюдений сульфат-ион сохраняется доминирующим кислотным анионом в составе ионного баланса атмосферных осадков для всех станций ЕМЕП, его вклад составляет 17-31%, однако вклады нитрат-иона и ионов аммония также довольно существенны – 7-15% и 10-22%, соответственно. Среднегодовая концентрация сульфатной серы в осадках в 2022 г. составила 0,28 мг S /л на станции Зареченск, 0,30 мг S/л на станции Пинега, 0,21 мг S/л на станции Лесной заповедник (Тверская область), 0,35 мг S/л на станции Данки (в районе Приокско-Террасного биосферного заповедника). Пространственное распределение содержания нитратов в осадках практически совпало с распределением, характерным для сульфатов: значение среднегодовой концентрации составило 0,09 мг N/л на станции Зареченск (Мурманская обл.); на территориях более низких широт вдали от промышленных районов и

крупных городов (станции Пинега и Лесной заповедник) содержание нитратов колебалось в пределах 0,06 - 0,10 мг N/л, а на станции Данки возросло до 0,20 мг N/л. Диапазон вариации концентраций ионов аммония в осадках составил 0,10 - 0,37 мг N/л. Во внутригодовом ходе максимальные концентрации сульфатов в районах станций ЕМЕП наблюдались в весенний и осенний периоды, при превышении значений в холодный период более чем в 3 раза по сравнению с теплым. Наиболее высокая концентрация нитратов и ионов аммония в осадках также наблюдалась в холодный период года, отражая важную роль переноса выбросов антропогенных источников при формировании уровней содержания азотсодержащих соединений в осадках.

Величина выпадений соединений серы и азота на подстилающую поверхность дает возможность оценить степень опасности воздействия загрязнения атмосферы на состояние окружающей среды. В долгосрочной перспективе избыточное поступление этих веществ может привести к закислению почвенных растворов и ухудшению свойств почвы. Выпадение загрязняющих веществ из атмосферы на подстилающую поверхность происходит с атмосферными осадками (влажные выпадения) и при осаждении (поглощении) веществ в виде газов и аэрозольных частиц (сухие выпадения). Поток влажных выпадений серы и азота (нитратного и аммонийного) на подстилающую поверхность определяется их содержанием в осадках и количеством последних. При этом колебания концентраций основных ионов в атмосферных осадках могут быть меньше, чем изменчивость сумм выпадающих осадков, особенно для межгодовых вариаций сезонных и годовых значений.

Рассчитанные по средневзвешенным концентрациям и месячным суммам выпавших осадков величины влажных выпадений для районов станций составили в 2022 г.: 0,09-0,19 и 0,17-0,46 г/м² в год для серы и суммарного азота соответственно. Потоки влажных выпадений серы и азота в зимний период были существенно ниже, чем в летний. Доля аммонийного азота составила около 60% от суммарного влажного выпадения азота.

Многолетние вариации выпадений связаны с межгодовой изменчивостью сумм осадков (вариации их месячных и годовых величин могут составить десятки процентов от среднемноголетних значений), а также с динамикой выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в странах Европы. Идентификация роли последнего фактора является важной задачей ЕМЕП, так как одной из целей программы является мониторинг антропогенного загрязнения, результаты которого признаются подтверждением эффективности предпринятых согласованных природоохранных мер в странах-участницах Конвенции и в Европе в целом для улучшения состояния окружающей среды. Изменение значений годовых выпадений серы из атмосферы с осадками на российских станциях ЕМЕП представлено на рис. 1.5.1. При относительно большой вариации годовых значений можно отметить отсутствие выраженного уменьшения сумм влажных выпадений за период действия Гетеборгского протокола (подписан в 1999 г.) с незначимыми характеристиками линейного тренда. Результаты расчета многолетних выпадений азота с осадками в виде сумм нитратных и аммонийных соединений представлены на рис. 1.5.2. В целом в 2022 г. отмечено уменьшение влажных выпадений, как серы, так и азота на всех российских станциях ЕМЕП.

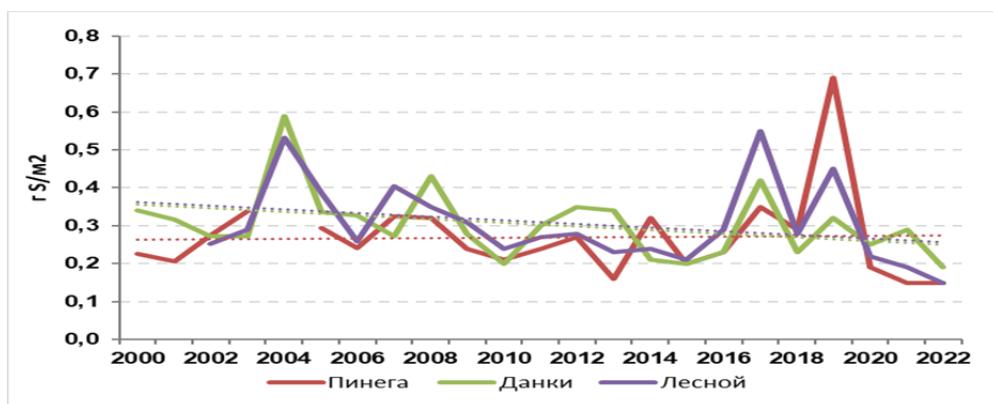


Рис. 1.5.1. Многолетние выпадения сульфатной серы из атмосферы с осадками на станциях ЕМЕП (г S/m²/год)



Рис. 1.5.2. Многолетние выпадения суммарного азота (нитратного и аммонийного) из атмосферы с осадками на станциях ЕМЕП (г N/m²/год)

Для характеристики степени экологической опасности, вызываемой поступлением избыточного содержания кислотообразующих веществ из атмосферы, в программах Конвенции ЕЭК ООН (включая ЕМЕП) используется сравнение атмосферных выпадений с уровнями критических нагрузок, рассчитанных с учетом чувствительности почв к потоку веществ из атмосферы в части изменения их свойств в долгосрочной перспективе. Условием порога риска принято, что экосистемы могут выдерживать воздействие количества подкисляющих выпадений без появления какого-либо ущерба. Величины критических нагрузок оценены для разных географических районов с использованием методических рекомендаций ЕЭК ООН, однако для азота они являются ориентировочными. Поступление из атмосферы рассчитывается в виде общих (суммы сухих и влажных) выпадений всех химических соединений серы и азота, при этом учитывается, что согласно ранее выполненным оценкам для российских станций ЕМЕП вклад сухих выпадений составляет около 40% от общих для серы и около 10% для азота. Последнее можно считать несколько заниженной оценкой, поскольку программа мониторинга на российских станциях ЕМЕП не включает измерения газообразной азотной кислоты, аммиака и оксидов азота.

Сравнение годовых выпадений серы и суммарного азота с осадками в 2022 г. и значений критических нагрузок по этим элементам для районов расположения станций, представленных в табл. 1.5.2, позволяют сделать вывод, что выпадения серы и азота существенно ниже уровня критических нагрузок для регионов России в районах расположения российских станций ЕМЕП.

Таблица 1.5.2. Сравнение годовых влажных выпадений в 2022 г. и критических нагрузок серы и азота в районах расположения российских станций ЕМЕП

Станция	Влажные выпадения и критические нагрузки для серы, г S/m ² /год		Влажные выпадения и критические нагрузки для азота, г N/m ² /год	
	Выпадения	Нагрузки	Выпадения	Нагрузки
Зареченск	0,09	0,32-0,64	0,08	<0,28
Пинега	0,15	0,32-0,64	0,06	<0,28
Лесной	0,15	1,6-2,4	0,14	0,56-0,98
Данки	0,19	1,6-2,4	0,14	0,56-0,98

1.6. Фоновый уровень выпадений серы и азота по данным о загрязнении снежного покрова в регионах Российской Федерации

Сеть мониторинга химического состава снежного покрова (ХССП), действующая с 1980 г., поставляет данные как по химическому составу, так и по физическим характеристикам снеговой воды, отобранный на снегомерном маршруте.

Работа по определению загрязнения снежного покрова на сети включает два этапа: отбор проб с их первичной обработкой на гидрометеорологических станциях и анализ проб в химических лабораториях.

Отбор проб производится один раз в год на стационарных снегомерных маршрутах метеостанций в период максимального накопления влагозапаса в снеге, вместе с проведением измерений плотности снега, высоты снежного покрова и влагозапаса на снегомерном маршруте.

Анализ проб снежного покрова производится в сетевых и межрегиональных лабораториях УГМС. Определяются кислотность (водородный показатель pH), электропроводность и концентрация основных ионов гидрохимического состава природных пресных вод, из которых в обзоре представлены сульфаты (SO_4^{2-}), нитраты (NO_3^-) и аммоний (NH_4^+).

Сеть мониторинга химического состава снежного покрова в 23-х УГМС по состоянию на 1 января 2022 г. состояла из 546 снегомерных маршрутов на 523 пунктах наблюдений (ПН), расположенных в 68 субъектах РФ.

По причине отсутствия устойчивого снежного покрова за период зимнего сезона 2021-2022 гг., отбор проб не производился на значительных территориях юга и в некоторых регионах северо-запада Европейской части России (ЕЧР).

В обзоре представлены данные 186 ПН, в которых сумма концентраций основных ионов (сульфатов, нитратов, аммония, гидрокарбонатов, хлоридов, калия, натрия, магния, кальция) в зимний период 2021-2022 гг. не превышала 15 мг/л. (рисунок 1.6.1). В работе не учитывались данные ПН с неполным составом ионов, измеренных в лабораториях УГМС, а также с кратковременным периодом залегания устойчивого снежного покрова.

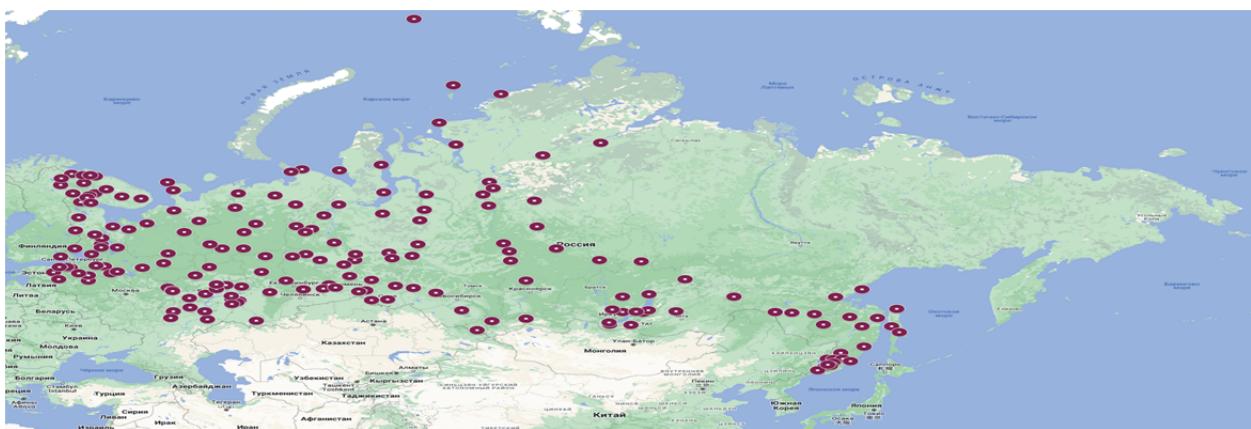


Рис. 1.6.1. ПН с суммой ионов менее 15 мг/л. в зимний период 2021-2022 гг.

ПН, на которых сумма ионов не превышает фоновых значений, относительно равномерно распределены по территории севера и центра Европейской части России и юга Азиатской части России (АЧР). На юге и западе ЕЧР в зимний период 2021-2022 гг. снежный покров либо отсутствовал полностью, либо наблюдался в течении крайне непродолжительного срока, недостаточного для интерпретации данных за весь зимний период. На северных территориях АЧР сеть ПН крайне разрежена. В Камчатском крае и на ближайших к нему территориях, подвергающихся влиянию атмосферных выпадений вследствие вулканической деятельности, сумма концентраций основных ионов стабильно превышает 15 мг/л. Данные мониторинга ХССП на большей части ПН, находящихся вблизи крупных городов и промышленных центров РФ, в зонах трансграничного переноса и в прибрежной зоне показывают сумму ионов выше 15 мг/л. и при анализе также не учитываются.

Все 186 ПН распределены по территории 38 субъектов РФ, для которых была рассчитана интенсивность выпадения серы и азота, содержащихся в снежном покрове. Это значение рассчитывалось для каждого ПН как произведение концентрации иона и влагозапаса, делённое на время залегания устойчивого снежного покрова, и осреднённое для каждого из субъектов (таблица 1.6.1). Показатели интенсивности выпадения азота на снежный покров были рассчитаны для суммы ионов нитрата и аммония.

Таблица 1.6.1. Интенсивность выпадения серы и азота в регионах РФ в зимний период 2021-2022 гг.

Субъект РФ	Кол-во ПН	Интенсивность выпадения на снежный покров, кг/км ² ·мес.	
		Сера	Общий азот
Алтай республика	2	20	5
Алтайский край	1	23	11
Амурская область	3	4	4
Архангельская область	7	11	25
Бурятия республика	5	2	2
Вологодская область	3	10	21
Забайкальский край	1	1	1
Иркутская область	8	14	15
Карелия республика	10	14	24
Кировская область	4	13	33
Коми республика	6	11	23
Красноярский край	20	28	9
Курганская область	1	55	16
Ленинградская область	9	10	6
Марий Эл республика	1	27	58
Мурманская область	16	12	7
Ненецкий автономный округ	6	16	16
Нижегородская область	3	17	17
Новгородская область	4	23	22
Новосибирская область	2	16	9
Омская область	4	10	13
Оренбургская область	1	21	15
Пензенская область	1	21	16
Пермский край	2	86	21
Приморский край	11	14	12
Псковская область	2	2	6
Самарская область	2	46	17
Саратовская область	2	9	22
Сахалинская область	3	61	8
Свердловская область	4	67	9
Татарстан республика	5	18	65
Тюменская область	5	11	12
Удмуртская республика	2	14	31
Ульяновская область	1	9	20
Хабаровский край	6	9	9
Ханты-Мансийский автономный округ - Югра	12	9	15
Чувашская республика	2	9	43
Ямало-Ненецкий автономный округ	9	7	17

В зимний период 2021-2022 гг. на большей части территории страны потоки серы с атмосферными осадками составили менее 20 кг/км²·мес. Несмотря на отсев ПН с суммой ионов выше 15 мг/л., повышенная интенсивность выпадения серы на снежный покров была отмечена в Самарской (46 кг/км²·мес.), Курганской (55 кг/км²·мес.), Сахалинской (61 кг/км²·мес.) и Свердловской (67 кг/км²·мес.) областях, в Пермском крае (86 кг/км²·мес.).

В зимний период 2021-2022 гг. на 60 % территории РФ показатель интенсивности выпадения азота находится в пределах 15 кг/км²·мес.

Самые высокие значения интенсивности выпадения азота среди рассматриваемых в обзоре субъектов РФ показывают регионы ЕЧР: Кировская область (33 кг/км²·мес.), Удмуртская (31 кг/км²·мес.) и Чувашская (43 кг/км²·мес.) Республики, а также Республика Марий Эл (58 кг/км²·мес.) и Республика Татарстан (65 кг/км²·мес.).

Карта-схема распределения показателя рН в субъектах РФ дана по полным данным 523 ПН мониторинга ХССП в зимний период 2021-2022 гг. (рисунок 1.6.2).

На более чем 70% территории РФ среднемесячный показатель рН по регионам в зимний период 2021-2022 гг. находился в пределах 5,5 – 6,5 ед.

Из рассматриваемых в обзоре субъектов показатели рН = 4,5 – 5,5 наблюдаются как на АЧР, так и на ЕЧР. Это Ленинградская (5,4 ед. рН) и Псковская (4,7 ед. рН) области, Чувашская Республика (5,2 ед. рН), Республика Марий Эл (5,2 ед. рН), Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (5,5 ед. рН) и центр Красноярского края (5,3 ед. рН).

Из рассматриваемых в обзоре субъектов показатели рН 6,5 – 7,0 на ЕЧР были отмечены в Ненецком автономном округе (6,6 ед. рН), в Архангельской (6,7 ед. рН) и Вологодской (6,8 ед. рН) областях, в Республике Коми (6,7 ед. рН). На АЧР это Новосибирская область (6,6 ед. рН).

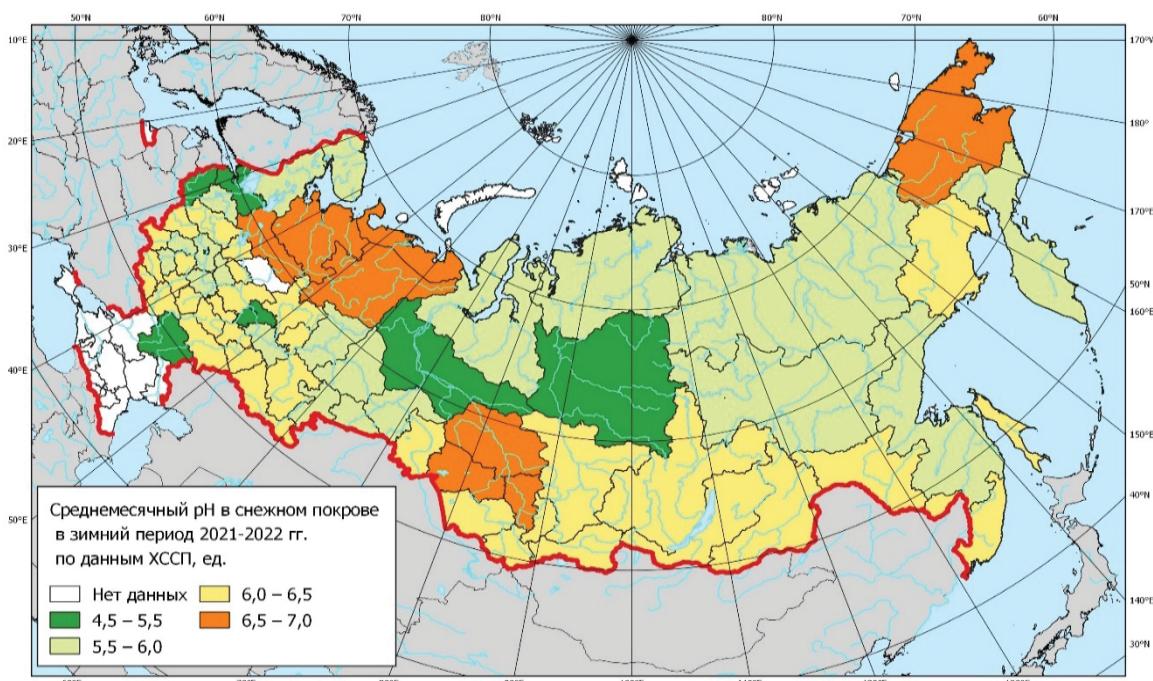


Рис. 1.6.2. рН снежного покрова в зимний период 2021 - 2022 гг.

1.7. Выпадения серы и азота по результатам моделирования трансграничного загрязнения атмосферы в Европе (регион ЕМЕП)

В рамках регулярных научно-практических работ, проводимых в рамках выполнения программ международной Конвенции ЕЭК ООН по трансграничному загрязнению воздуха Метеорологическим Синтезирующим Центром – Запад (МСЦ-3) ЕМЕП ежегодно проводится моделирование трансграничного атмосферного переноса и рассчитываются оценки взаимосвязей «источник-рецептор» для веществ, вызывающих подкисление и эвтрофикацию экосистем и объектов окружающей среды, фотохимических окислителей и взвешенных твердых частиц. Результаты моделирования в форме карт и данных для сетки региона ЕМЕП публикуются в открытом доступе на сайте МСЦ-3 каждый год со сдвигом на прошедших 2 года (данные, опубликованные в 2023 году, относятся к результатам расчетов и использованных для проверки данных мониторинга за 2021 г. и карты с результатами расчетов построены на территории РФ по состоянию на 2021 год). Пространственный характер данных моделирования позволяет оценить выпадение в региональном масштабе, а также в районах станций, которые не входят в состав ЕМЕП, но при этом проводят наблюдения за теми же веществами по похожим программам в границах региона ЕМЕП. На основе этих результатов, которые постоянно сравниваются с данными мониторинга на территории Европы, включая Россию, можно количественно оценить общие потоки кислотообразующих соединений через границы как стран, так и территорий внутри них.

Оценка динамики общих выпадений в районах станций мониторинга ЕМЕП

Для мест, где располагаются постоянно работающие на территории ЕЧР 4 станции ЕМЕП: Лесной заповедник, Данки (в Приокско-Террасном БЗ), Пинега и Янискоски, - были подготовлены наборы данных результатов моделирования выпадений из атмосферы за 2000-2021, для оценки динамики поступления серы и азота вследствие дальнего (в т.ч., трансграничного) переноса. Данные представляют собой годовые потоки соединений серы и азота из атмосферы на подстилающую поверхность с осадками (влажные выпадения) и вместе с сухими осаждениями (общие выпадения). Полученные материалы дополняют оценки, подготовленные по результатам мониторинга на этих станциях, однако более надежно – по динамике изменений и вкладу сухих осаждений, не определяемых в настоящее время по программам наблюдений или расчетам по данным измерений на станциях.

По модельным данным общее выпадение окисленной серы и азота, а также восстановленного азота продолжали снижаться в 2021 г. по сравнению с уровнями периода 2000-2011 г. на всех станциях, а также по отношению к значениям 2020 г., за исключением района Приокско-Террасного БЗ (ЕМЕП Данки), где общее выпадение азота возросло в 2021 г. на 13% (рис.1.7.1). Также вокруг Приокско-Террасного БЗ наблюдаются более высокие значения потоков, чем для районов остальных станций, т.к. эта территория находится в центре ЕЧР недалеко от Москвы, где антропогенные выбросы загрязняющих веществ выше, чем в других фоновых районах (Янискоски), и способны повлиять на величину потоков атмосферных выпадений.

Наибольшие темпы снижения общего выпадения окисленного азота наблюдаются на станции Янискоски: по результатам моделирования, в 2021 году было зафиксировано значение $46,17 \text{ мг}/\text{м}^2$, однако годом ранее выпадение составило $70,71 \text{ мг}/\text{м}^2$, таким образом произошло снижение на 35% (рис. 1.7.2). Поток восстановленного азота уменьшился незначительно, на 4% (с $90,12$ до $86,27 \text{ мг}/\text{м}^2$). Район Янискоски является единственным из мест расположения станций ЕМЕП, где выпадение окисленной серы увеличилось по сравнению с 2020 г. – на 4% (с $97,46 \text{ мг}/\text{м}^2$ до $101,63 \text{ мг}/\text{м}^2$).

Схожие изменения динамики кислотообразующих соединений прослеживаются в районе станции ЕМЕП Зареченск (Мурманская область), где с января 2022 г. начаты наблюдения сразу после закрытия станции Янискоски, однако уровень значений годовых сумм выпадений здесь ниже, чем в более северных районах, у ст. Янискоски (рис. 1.7.3).

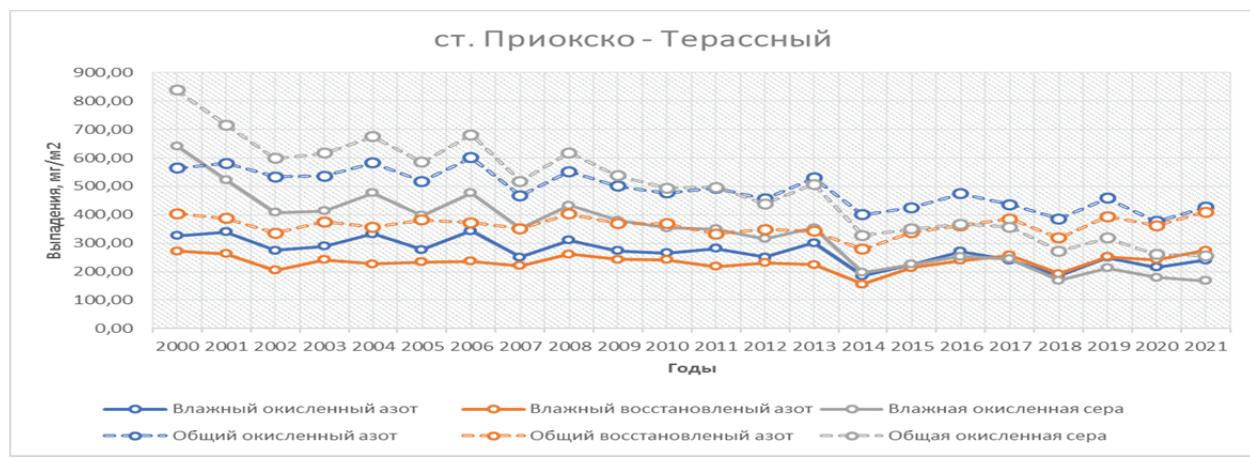


Рис.1.7.1 Выпадения соединений окисленной серы и азота из атмосферы за год для ст. Данки (Приокско–Террасный заповедник) за период с 2000 по 2021 гг.

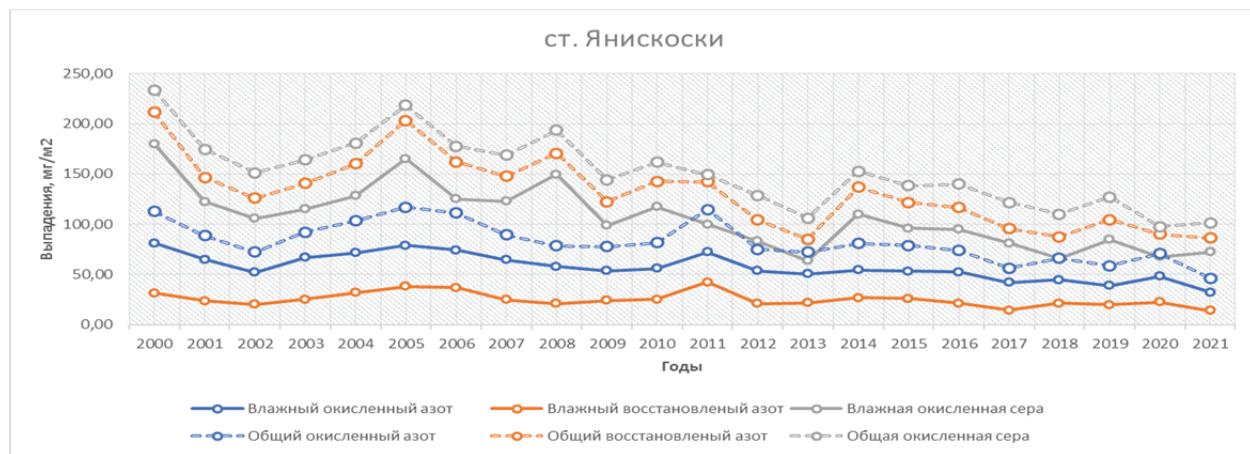


Рис.1.7.2 Выпадения соединений окисленной серы и азота из атмосферы за год для ст. Янискоски за период с 2000 по 2021 гг.

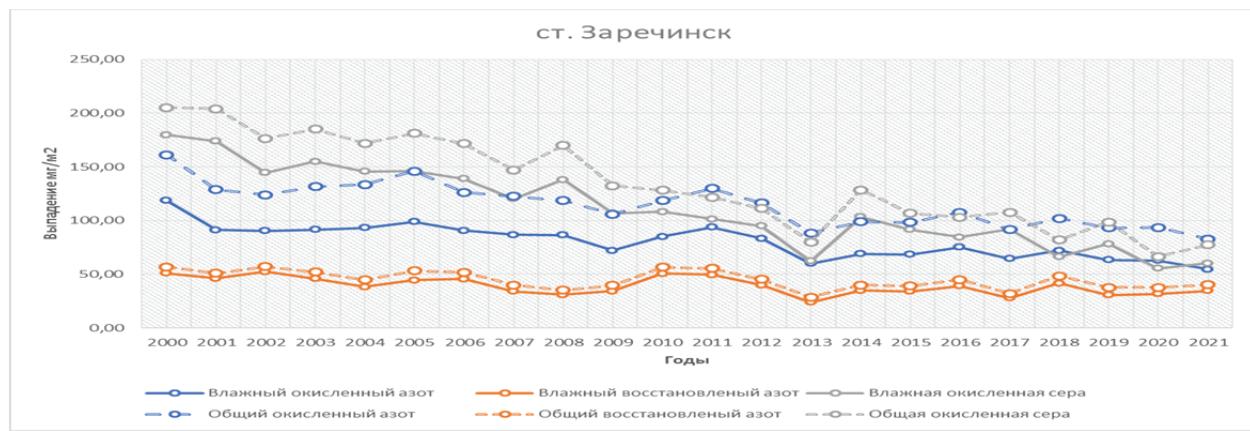


Рис.1.7.3 Выпадения соединений окисленной серы и азота из атмосферы за год для ст. Зареченск за период с 2000 по 2021 гг.

В районе еще одной станции, расположенной в Арктической зоне северо-запада ЕЧР, – Пинега (Архангельская обл.), также наблюдается тенденция к уменьшению выпадения загрязняющих веществ с атмосферными осадками. Как и в центре ЕЧР (в районе Приокско-Террасного заповедника) величина снижения находится в диапазоне от 9% для окисленной серы до 13-14% для азота (окисленный и восстановленный). Однако в многолетнем ходе, сравнивая периоды 2020–2021 и 2017–2019, больше всего уменьшилось общее выпадение окисленной серы (с $127,74 \text{ мг}/\text{м}^2$ до $59,87 \text{ мг}/\text{м}^2$), что составляет около 47% за 5 лет (рис.1.7.4).

При этом, если взять весь анализируемый период данных моделирования (с 2000 г.), то величина снижения составила более чем 5 раз (с 322,18 мг/м² в 2000 г.).

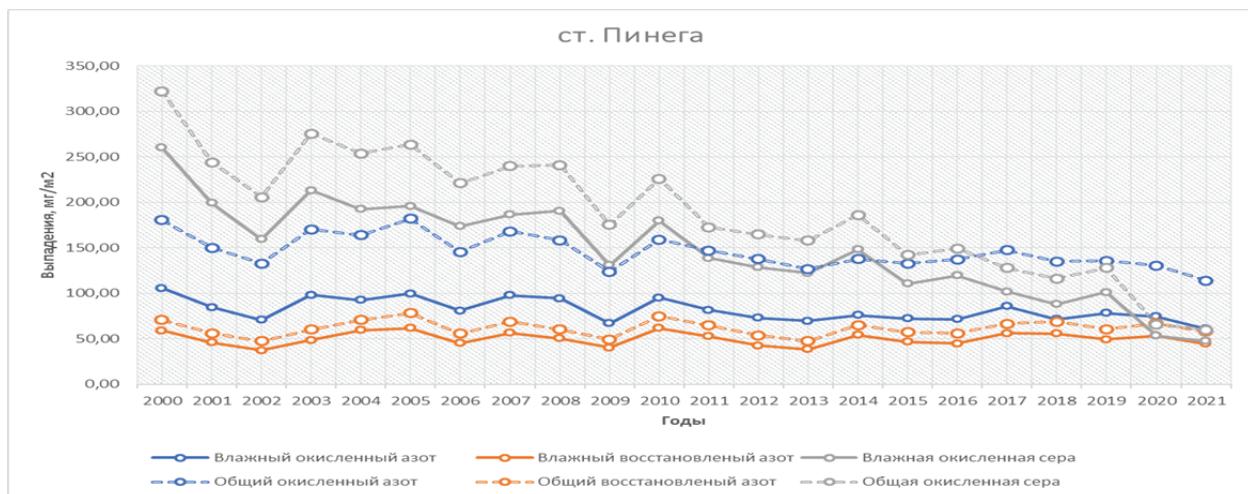


Рис.1.7.4 Выпадения соединений окисленной серы и азота из атмосферы за год для ст. Пинега за период с 2000 по 2021 гг.

В районе станции ЕМЕП «Лесной» (в Центрально – Лесном заповеднике, Тверская область) в 2021 году произошло снижение выпадений загрязняющих веществ с атмосферными осадками. Наиболее заметное уменьшение отмечено для выпадений окисленной серы – с 138,64 мг/м² до 113,67 мг/м², что составляет 18% от величины в 2020 г. (рис. 1.7.5).

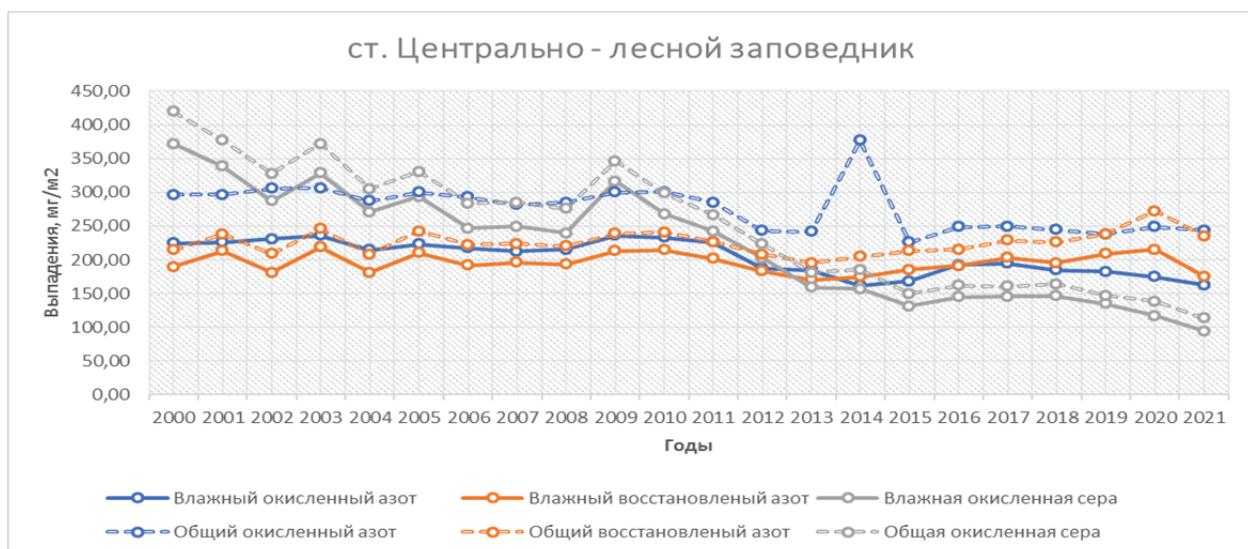


Рис.1.7.5 Выпадения соединений окисленной серы и азота из атмосферы за год для ст. Лесной за период с 2000 по 2021 гг.

Поток восстановленного азота снизился на 13,5% по сравнению с 2020 г., а общее выпадение окисленного азота практически не изменилось (244,04 мг/м² в 2021 г. и 248,75 мг/м² годом ранее). В многолетнем ходе изменения в целом более существенны для окисленной серы: сравнивая динамику двух периодов (2000-2012 и 2013-2021) можно заметить, что наиболее высокие значения сумм выпадений окисленной серы относятся к начальному периоду, в первые 5 лет XXI века (377–419 мг/м²), а самые низкие – к последним 2 годам (2020-2021 гг.), в которые действовали «ковидные» ограничения, что повлияло на промышленную активность и выбросы в атмосферу. За все 20 лет периода выпадение окисленной серы снизилось в 3,7 раза.

Оценка общих выпадений в регионах по данным моделирования ЕМЕП

Результаты модельных расчетов, представляющие собой данные для пространственной сетки региона ЕМЕП с шагом 1x1 градус, позволяют после обработки также оценить и

выпадения кислотообразующих веществ на региональном уровне. По результатам осреднения данных были получены средние выпадения (влажные – с осадками, и общие) для крупных административных единиц (республики, области) европейской части России.

По плотности влажных выпадений окисленной серы на территории регионов в 2021 г. список субъектов Российской Федерации на европейской части можно разделить на 3 группы: с низкими ($0,05\text{--}0,15 \text{ т}/\text{км}^2$), средними ($0,16\text{--}0,26 \text{ т}/\text{км}^2$) и высокими ($0,27\text{--}0,40 \text{ т}/\text{км}^2$) выпадениями за год.

Очень высокая плотность влажного выпадения окисленной серы отмечается в Краснодарском крае и Республике Адыгея ($0,35$ и $0,38 \text{ т}/\text{км}^2$). В категорию регионов со средней плотностью потоков входит 9 субъектов РФ, остальные относятся к диапазону с низкой плотностью влажного выпадения окисленной серы (рис.1.7.6).

В Ненецком автономном округе, а также в Республике Коми в 2021 году был определен минимум выпадения окисленной серы с атмосферными осадками среди всех субъектов на ЕЧР – $0,05 \text{ т}/\text{км}^2$. У верхней границы группы низкой плотности ($0,15 \text{ т}/\text{км}^2$) отмечены значения для территории Центрального федерального округа (Владимирская, Рязанская области), а также Поволжья (Самарская и Саратовская области, Республика Татарстан, Удмуртская Республика).

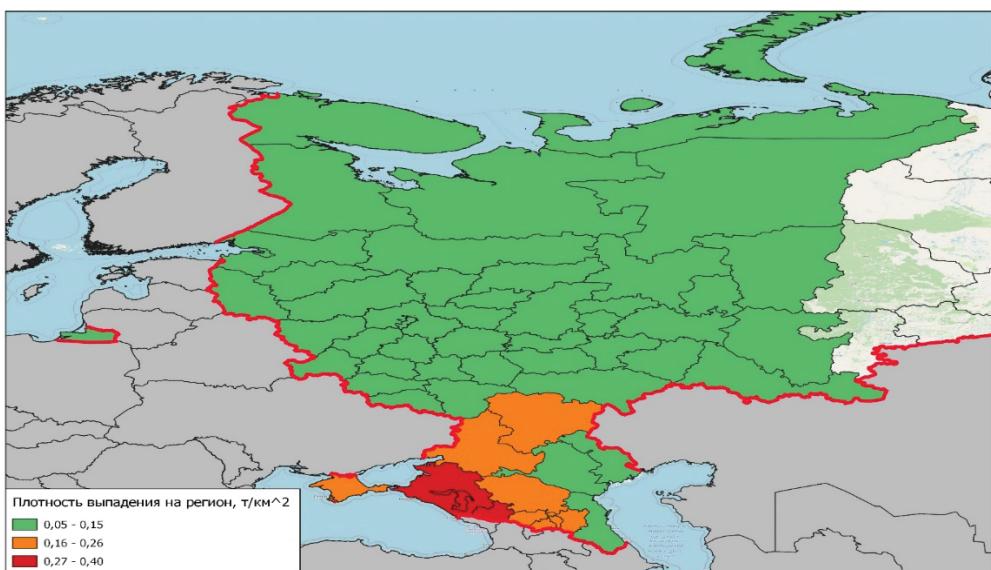


Рис.1.7.6 Плотность влажного выпадения окисленной серы на Европейской части России в 2021 г, $\text{т}/\text{км}^2$

Для плотности общих (суммы сухих и влажных) выпадений окисленной серы на регион в 2021 г. ($\text{т}/\text{км}^2$) территории субъектов Европейской части России можно выделить такие же 3 группы: низкая ($0,05\text{--}0,15 \text{ т}/\text{км}^2$), средняя ($0,16\text{--}0,26 \text{ т}/\text{км}^2$), высокая ($0,27\text{--}0,40 \text{ т}/\text{км}^2$).

Самая высокая плотность общих выпадений окисленной серы, как и в случае с влажными выпадениями приходится на Краснодарский край и Республику Адыгея, здесь определены значения на уровне $0,38$ – $0,40 \text{ т}/\text{км}^2$. Также в эту градацию попали территории Крыма и Севастополя, Ростовская область и Карабаево–Черкесская Республика ($0,27$ – $0,31 \text{ мг}/\text{м}^2$).

В категорию регионов со средней плотностью общих выпадений входит 36 субъектов, что составляет больше половины от всех на ЕЧР. В основном это в границах Центрального Федерального округа, включая Москву и Московскую область, а также в Приволжском и Северо–Кавказском округе. Еще 16 субъектов попали в границы для значений низкой плотности общего выпадения сульфатов (рис. 1.7.7).

В Ненецком автономном округе в 2021 году был определен минимум потоков общих выпадений окисленной серы среди всех территорий на ЕТР – $0,06 \text{ т}/\text{км}^2$. Общие выпадения на территориях Приволжского Федерального округа (Республика Мордовия и Чувашская Республика) характерны для значений у верхней границы группы низкой плотности ($0,15 \text{ т}/\text{км}^2$).

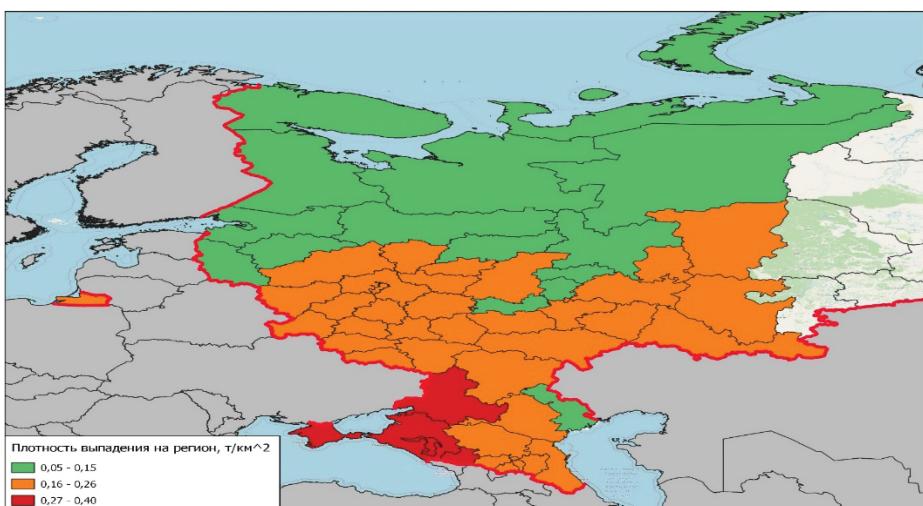


Рис.1.7.7 Плотность общего выпадения окисленной серы на Европейской части России в 2021 г, т/км²

По плотности влажного выпадения окисленного азота на регион (в т/км²) в 2021 г. территорию Европейской части России, можно разделить на 2 группы субъектов: с низкой (0,05–0,16 т/км²) и средней (0,17 – 0,28 т/км²); значения высокой плотности выпадения окисленного азота в 2021 году, в отличие от результатов других лет, на карте не регистрируются.

В состав субъектов со средней плотностью выпадения окисленного азота входят территории Центрального Федерального округа, Южного Федерального округа (кроме Астраханской области) и Северо-Кавказского Федерального округа (за исключением Республики Дагестан). Остальные субъекты входят в категорию с низкой плотностью влажного выпадения окисленного азота (рис. 1.7.8).

В Республике Коми, а также в Ненецком автономном округе в 2021 году был зафиксирован минимум плотности влажных выпадений для всей территории ЕТР – 0,04 т/км². У верхней границы группы территорий с низкой плотностью выпадений (0,16 т/км²) – субъекты Приволжского Федерального округа (Самарская и Ульяновская области, Республика Мордовия, Удмуртская Республика), а также Новгородская область в СЗФО и Республика Дагестан в СКФО.

По плотности общего выпадения окисленного азота на территории регионов в 2021 г. (в т/км²) субъекты Европейской части России можно разделить на 3 группы: с низкой (0,05–0,16 т/км²), средней (0,17–0,28 т/км²) и высокой (0,29–0,39 т/км²).

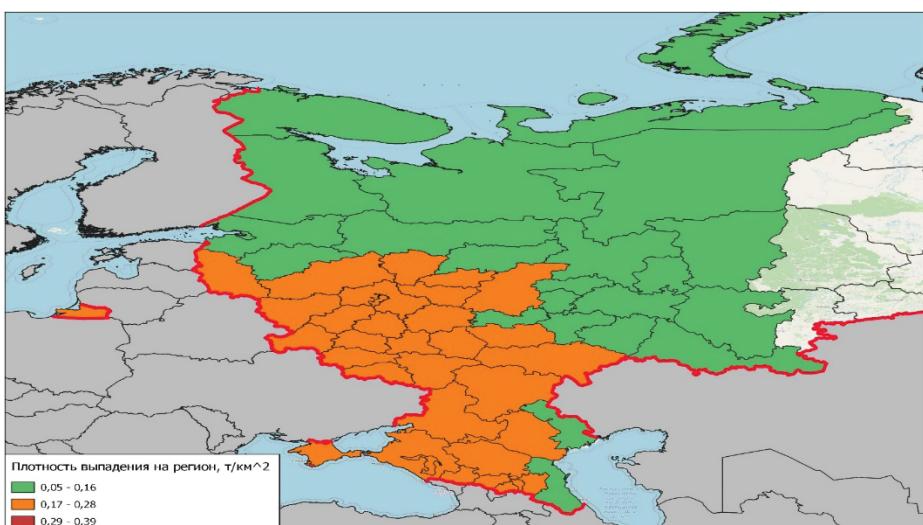


Рис.1.7.8 Плотность влажного выпадения окисленного азота на Европейской части России в 2021 г, т/км²

Наибольшая плотность общего выпадения окисленного азота в 2021 году наблюдается в Центральном Федеральном округе, а именно, в Владимирской области – $0,39 \text{ т}/\text{км}^2$ и Московской области – $0,38 \text{ т}/\text{км}^2$. Город федерального значения – Москва в 2021 году также попала в список с высокой плотностью выпадения общего окисленного азота – $0,36 \text{ т}/\text{км}^2$. Также высокая плотность выпадений наблюдается на юге Европейской части России. Таким образом, можно сделать вывод, что сухое выпадение окисленного азота является преобладающим для территории ЦФО и ЮФО (рис.1.7.9).

В зону с низкой плотностью выпадений входят 5 субъектов, которые расположены в Северо–Западном Федеральном округе (Мурманская, Архангельская области, Ненецкий Автономный Округ, Республики Коми, Республика Карелия). Наименьшее значение плотности относится к Ненецкому АО – $0,05 \text{ т}/\text{км}^2$. Остальные субъекты входят в зону средней плотности, большая часть которой относится к Приволжскому ФО.

По плотности влажного выпадения восстановленного азота на территории регионов в 2021 г. (в $\text{т}/\text{км}^2$) субъекты Европейской части России можно разделить на 3 группы: низкая ($0,03\text{--}0,18 \text{ т}/\text{км}^2$), средняя ($0,19\text{--}0,35 \text{ т}/\text{км}^2$), высокая ($0,36\text{--}0,52 \text{ т}/\text{км}^2$).

Самая высокая плотность выпадений наблюдается на территории Северо–Кавказского Федерального округа: в Кабардино–Балкарской Республике, Республике Северная Осетия – Алания, на уровне $0,42\text{--}0,44 \text{ т}/\text{км}^2$. Также в зоне высокой плотности значений оказались Республики Ингушетия, Адыгея и Ставропольский край ($0,38 \text{ т}/\text{км}^2$).

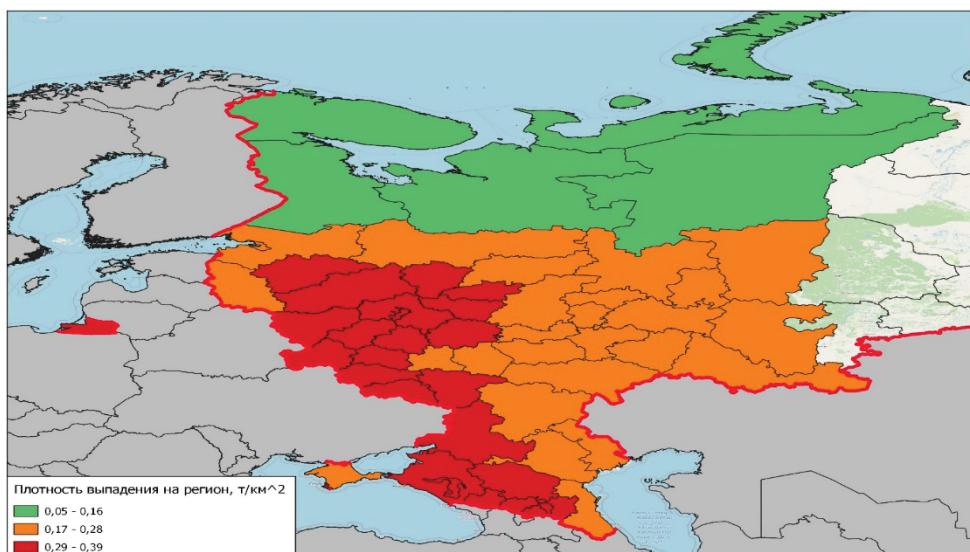


Рис.1.7.9 Плотность общего выпадения окисленного азота на Европейской части России в 2021 г, $\text{т}/\text{км}^2$

В категорию регионов со средней плотностью выпадений входят субъекты Центрального и Южного Федеральных округов (кроме Астраханской области). Остальные субъекты, которые относятся к зоне с низкой плотностью поступления восстановленного азота, представлены субъектами Северо–Западного Федерального округа (за исключением Калининградской области, которая попадает в зону со средней плотностью) и части Приволжского Федерального округа (рис. 1.7.10).

В Ненецком АО и Мурманской области в 2021 году был определен минимум влажного выпадения восстановленного азота среди всех территорий субъектов на ЕТР – $0,03 \text{ т}/\text{км}^2$. У верхней границы группы регионов с низкой плотностью выпадений ($0,18 \text{ т}/\text{км}^2$) находятся территории Приволжского Федерального округа (Удмуртская Республика, Республика Татарстан и Самарская область).

По плотности общего выпадения восстановленного азота на территории регионов в 2021 г. (в $\text{т}/\text{км}^2$) субъекты Европейской части России можно разделить на 3 группы: с низкой ($0,03\text{--}0,18 \text{ т}/\text{км}^2$), средней ($0,19\text{--}0,35 \text{ т}/\text{км}^2$), высокой ($0,36\text{--}0,52 \text{ т}/\text{км}^2$).

Наибольшая плотность общего выпадения восстановленного азота в 2021 году наблюдается в Северо-Кавказском Федеральном округе (Республика Северная Осетия – Алания – 0,52 т/км², Кабардино-Балкарская Республика - 0,49 т/км²). Также в зону с высокой плотностью потока восстановленного азота попадает часть Центрального ФО: Брянская, Орловская, Владимирская, Курская области – 0,38 – 0,40 т/км² (рис.1.7.11).

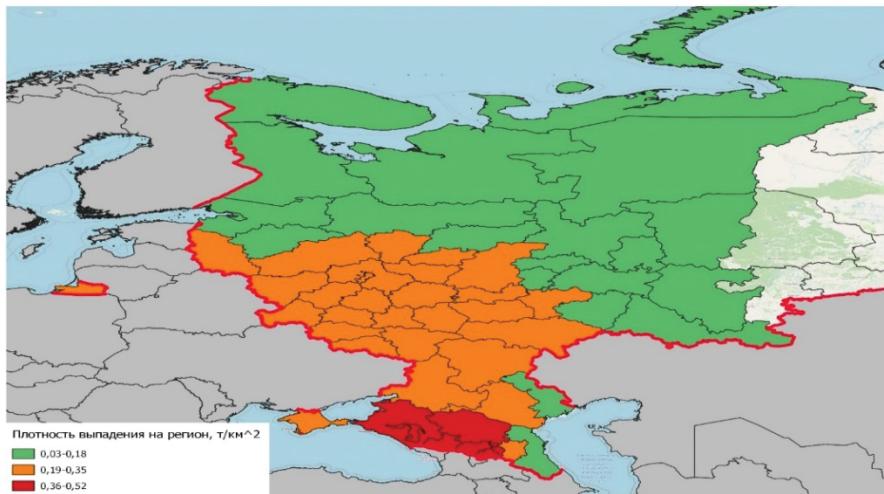


Рис.1.7.10 Плотность влажного выпадения восстановленного азота на Европейской части России в 2021 г, т/км²

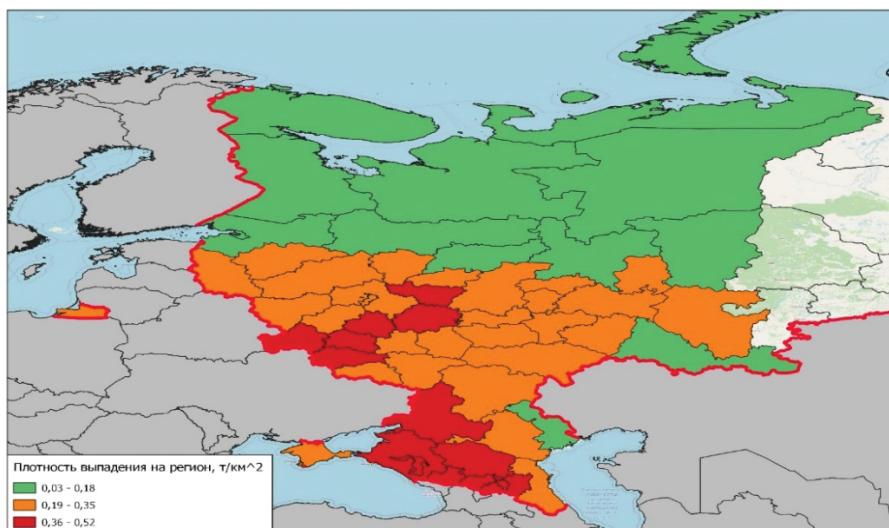


Рис.1.7.11 Плотность общего выпадения восстановленного азота на Европейской части России в 2021 г, т/км²

В зону с низкой плотностью выпадений входят субъекты, которые расположены в Северо-Западном Федеральном округе, за исключением Калининградской, Новгородской, Псковской области, а также большая часть Приволжского Федерального округа. Наименьшее значение плотности отмечается в Ненецком АО и Мурманской области – 0,03 т/км².

Остальные субъекты входят в зону со средней плотностью выпадений, в основном, в Приволжском Федеральном округе. У верхней границы группы с низкой плотностью (0,18 т/км²) - территории Ленинградской, Костромской и Оренбургской области.

Оценка общих потоков кислотообразующих веществ через границу по данным моделирования ЕМЕП

Для оценки составляющих существующих трендов загрязнения окружающей среды на территории РФ была проанализирована также информация об изменениях потоков в атмосфере

соединений серы и азота через границу РФ и на ее территорию за период 2000-2021 гг., вкладов стран в выпадения веществ на подстилающую поверхность, а также изменчивости доли выпадений соединений серы и азота от выбросов РФ на собственную территорию по результатам многолетнего моделирования в программе ЕМЕП.

Для анализа были использованы данные матриц результатов суммирования для пар «источник – реципиент», предоставляемые в форматах электронных таблиц. Эти таблицы показывают общую массу выпадений ЗВ из выбросов одной страны на территорию другой (в численном виде).

Данные разделены на два типа: результаты моделирования, представленные в официальных отчетах ЕМЕП (начиная с 2003 г.), основанные на обновленных («лучших») доступных входных данных (о суммах и распределении выбросов, метеорологии и т.д.), и результаты с 1997 по 2003 гг. более позднего пересчета с использованием обновленных данных: пересчитанные выбросы ЗВ, реанализ полей метеорологических данных лучшего разрешения и т.д.

Область моделирования, для которой проводились расчеты, различается размерами ячеек: до 2006 г. на регулярной сетке 150*150 км (1 и 2 тип данных), с 2007 по 2015 гг. - с шагом в 50*50 км; с 2017 и по настоящее время область моделирования имеет границы от 30° до 82°с.ш. и от 30° з.д до 90° в.д с шагом в виде градусной сетки 0,1*0,1°.

По данным обобщения и анализа подготовленных таблиц и рядов информации в 2021 г. на территорию России вследствие трансграничного переноса со стороны Европы и СНГ поступило 6876 кт (тыс. т) окисленной серы, что на 8% ниже, чем в 2020 г, когда по расчетам для территории России было определено поступление 7435 кт окисленной серы. «Экспорт выбросов» серы в 2021 г. с территории России в страны Европы и СНГ рассчитан на уровне 1419 кт, что на 0,5% выше, чем в 2020 г. Таким образом, отношение экспорта к импорту серы в 2021 г. составило 21%, а годом ранее этот показатель был на 2 % ниже – 19%. В многолетнем ходе результаты 2021 года уместно сравнивать с результатами периода 2003 – 2006 гг., когда также использовался 1 тип данных (Рис.1.7.12).

Как можно видеть на рисунке, в 2003 – 2006 гг., наблюдалась стабилизация импорта окисленной серы через трансграничный перенос, а доля экспорта снижалась. В периоде 2016 – 2021 гг., тенденция сохранилась. Однако в 2019 гг., произошло заметное снижение импорта серы по отношению к 2018 г. (на 22%), что увеличило отношение экспорт/импорт при слабой вариации величин переноса из РФ.

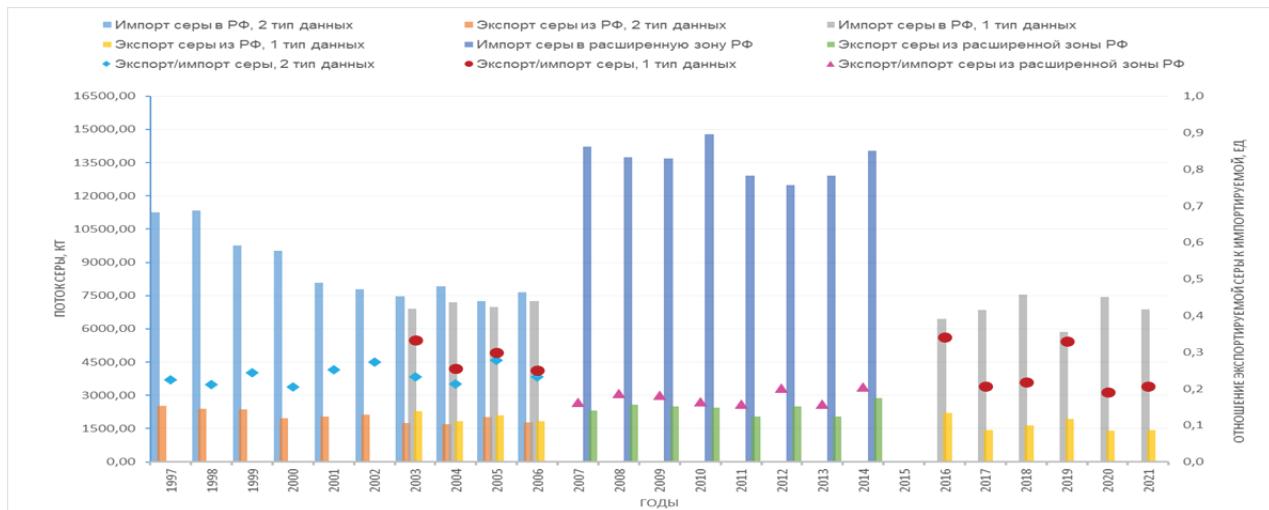


Рис.1.7.12 Соотношения общих потоков «экспортируемой» и «импортируемой» окисленной серы для территории РФ (регион моделирования ЕМЕП).

В 2021 г. на территорию России вследствие трансграничного переноса со стороны Европы и СНГ поступило 4095 кт окисленного азота, что на 5% ниже, чем в 2020 г, когда на территории России было зафиксировано выпадение 4327 кт окисленного азота (рис.1.7.13). Экспорт

выбросов азота в 2021 г. с территории России в страны Европы и СНГ находился на уровне 2176 кт, что на 11% выше, чем в 2020 г. Таким образом, отношение экспорта к импорту азота в 2021 г. составило 53%. Годом ранее этот показатель был на 8 % ниже – 45%, а в 2019 году – 33%.

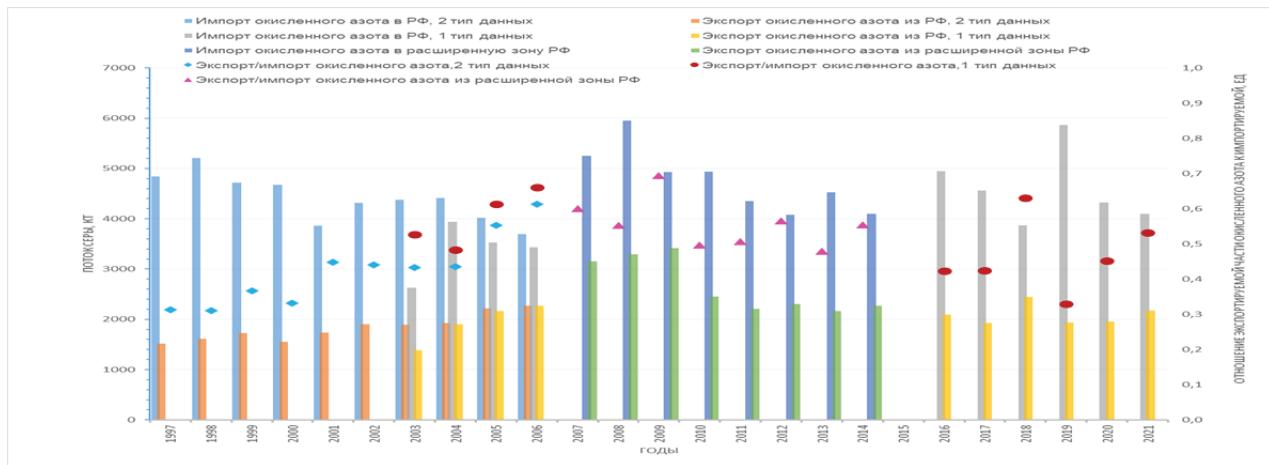


Рис.1.7.13 Соотношения общих потоков «экспортируемого» и «импортируемого» окисленного азота для территории РФ (регион моделирования ЕМЕП).

В многолетнем ходе результаты 2021 года, уместно сравнивать с результатами периода 2003 – 2006 гг., когда для использования были получены данные 1 типа.

Как можно видеть на рисунке, в 2000 – 2006 гг., наблюдалось увеличение импорта окисленного азота в результате трансграничного переноса, но и увеличение экспорта. Однако с 2004 по 2006 гг. оформилась тенденция на снижение импорта окисленного азота при продолжающемся росте экспорта. Несмотря на то, что ряды 2003-2006 и 2016 – 2021 имеют одинаковые типы данных, последний период характеризуется повышенными значениями окисленного азота, которые могут сравниваться со значениями 2007 – 2014 гг., когда использовалась другая область моделирования. И тем не менее, после самых высоких значений, которые наблюдались в 2019 гг., установлен тренд на снижение импорта окисленного азота.

В 2021 г. на территорию России вследствие трансграничного переноса со стороны зарубежных стран поступило 4161 кт восстановленного азота, что на 13% выше, чем в 2020 г, когда на территории России было зафиксировано 3671 кт восстановленного азота (рис. 1.7.14). Экспорт выбросов азота в 2021 г. от России в страны Европы и СНГ оценен на уровне 3787 кт, что на 91% выше, чем в 2020 г. Таким образом, отношение экспорта к импорту азота в 2021 г. составило рекордные 91%. Годом ранее этот показатель был ниже – 54%.

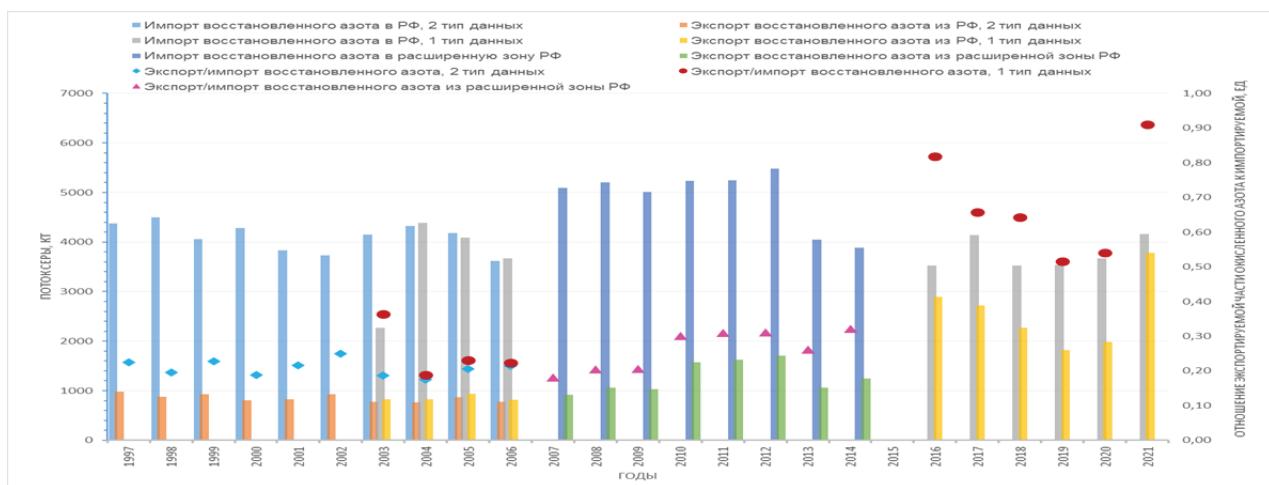


Рис.1.7.14 Соотношения общих потоков «экспортируемого» и «импортируемого» восстановленного азота для территории РФ (регион моделирования ЕМЕП).

Как можно видеть на рисунке 1.7.14 период 2003 – 2006 гг. характеризуется резким подъемом импорта восстановленного азота в 2004 году и постепенным снижением к 2006 году до 3670 кт. При этом экспорт восстановленного азота находился в диапазоне 800 – 900 кт. Но в период 2016-2021 гг. наблюдается смена тенденции, к увеличению импорта восстановленного азота, начиная с 2018 года. Экспорт в 2016 – 2019 гг. снижался от года к году и достиг к 2019 году минимального значения, после которого стал расти и к 2021 году сравнялся с импортом (разница в 374 кт, менее 10%).

Основными «странами-вкладчиками» в выпадения окисленной серы на территории РФ за период 2000–2021 (в среднем) являются: Россия - 44% страны ЕС, Украина, Казахстан (по 11% на каждого), Турция – 4%, Беларусь – 1%. На остальные категории источников и территории приходится до 18% (рис. 1.7.15).



Рис.1.7.15 Многолетнее накопленное распределение долей «стран-вкладчиков» в выпадении окисленной серы на территории РФ (1997 - 2021).

В многолетнем ходе вклад Российской Федерации в выпадения окисленной серы на своей территории менялся. Так в 1997 – 2006 гг. (расчет по 2 типу данных) это показатель варьировал от 41% до 46%. В конце периода 2003 – 2006 доля РФ снизилась до 39%, однако за счет расширения границ моделирования ЕМЕП в 2007 году значение резко возросло до 51%, что означает преобладание вклада собственных выбросов над теми объемами, которые поступают от зарубежных стран. В 2008 году зафиксирован резкий спад до 37%, что вероятнее всего можно связать влиянием мирового экономического кризиса, который затронул и Россию, однако с 2009 года и по 2014 доля вклада РФ продолжала расти. В 2016 году модельеры вернулись к использованию 1 типа данных, и значение доли варьировалось от 53% в 2016 году, до 37% в 2020 году. В 2021 году доля собственных выбросов окисленной серы составила 40% (рис.1.7.16).

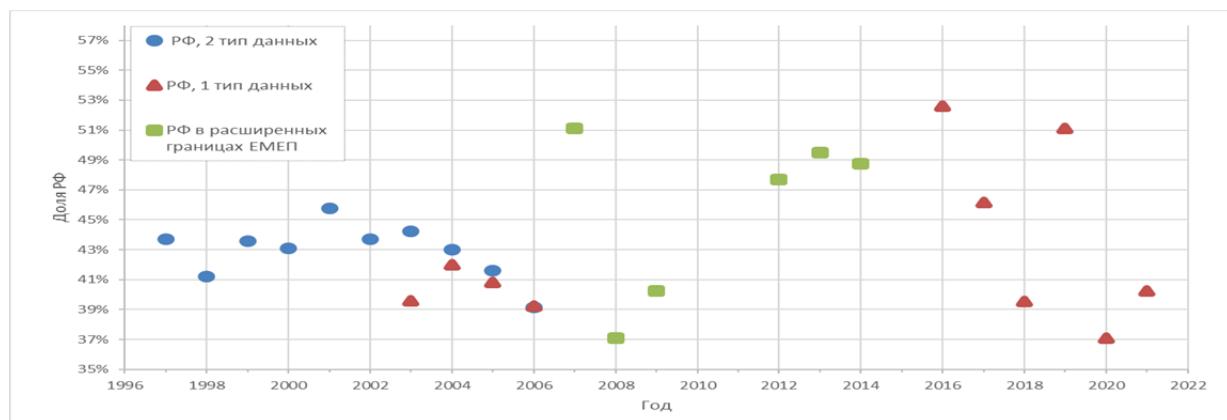


Рис.1.7.16 Изменение доли вклада РФ в общее выпадение окисленной серы на территории РФ (в границах региона моделирования ЕМЕП).

Основными «странами-вкладчиками» в выпадения окисленного азота на территории РФ за период 2000–2021 (среднее) являются: Россия - 53%, страны ЕС - 20%, Украина - 7%, Казахстан - 3%, Турция – 2%, Беларусь – 2%. На выбросы от остальных категорий приходится до 13% (рис. 1.7.17).

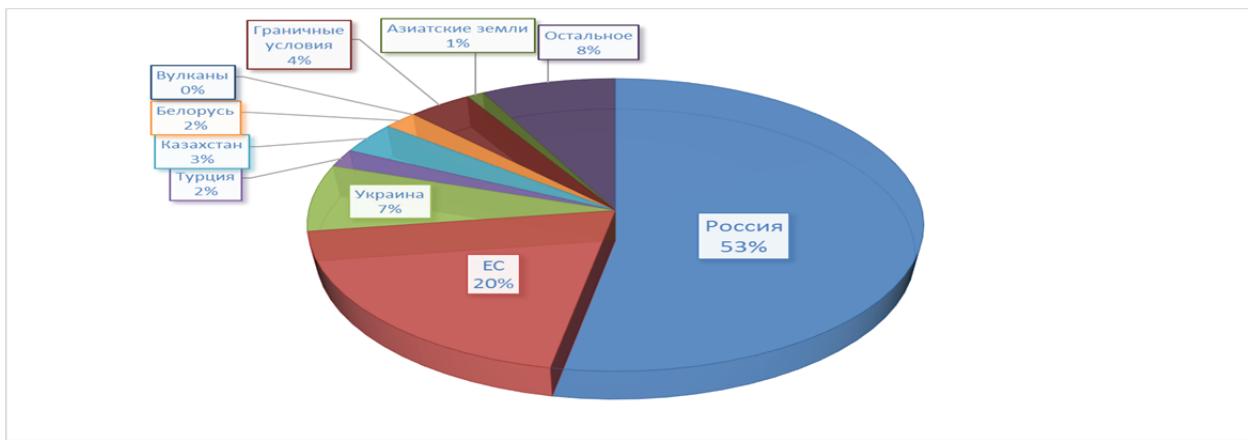


Рис.1.7.17 Многолетнее накопленное распределение долей «стран-вкладчиков» в выпадения окисленного азота на территории РФ (1997 - 2021).

В многолетнем ходе вклад Российской Федерации в выпадения окисленного азота на своей территории увеличивался, начиная с периода 1997–2006 (по 2 типу данных). Минимальная доля на уровне 39% была зафиксирована в 1998. К концу первого периода (2006) доля собственных выбросов окисленного азота составила 56%.

На таком же уровне оценивалась доля РФ и при 1 типе данных (2003 - 2006). В начале периода использования данных в расширенных границах доля России достигала 61%, при снижении доли от зарубежных стран в это же время. Далее, при использовании 1 типа данных (с 2016 по настоящее время) доля РФ в выпадении окисленного азота оценивается в диапазоне от 51% в 2019 году до 61% в 2018 году. В 2021 году доля собственных выбросов окисленной серы составила 60% (рис.1.7.18).

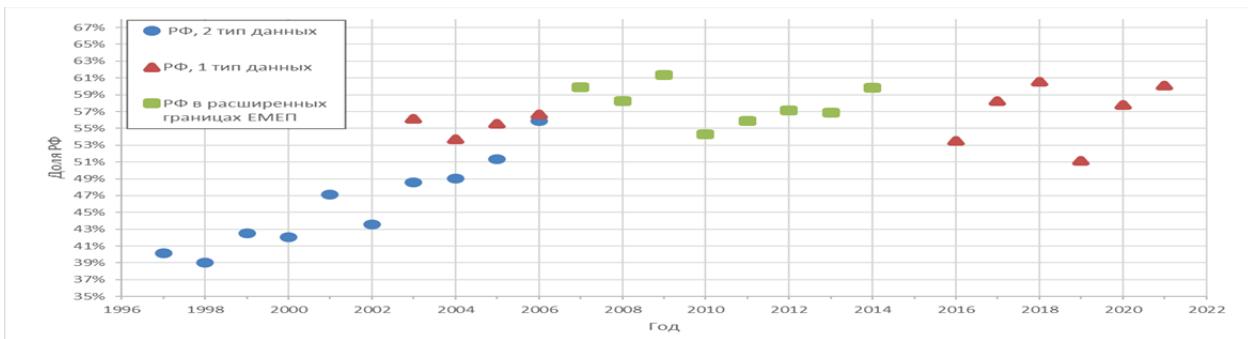


Рис.1.7.18 Изменение доли вклада РФ в общее выпадение окисленного азота на территории РФ (в границах региона моделирования ЕМЕП).

Основными «странами-вкладчиками» в выпадения восстановленного азота на территории РФ за период 2000–2021 (среднее) являются: Россия - 54%, страны ЕС - 11%, Украина - 7%, Казахстан - 12%, Турция – 3%, Беларусь – 3%. На остальные категории источников выбросов приходится до 10% (рис. 1.7.19).

В многолетнем ходе вклад Российской Федерации в выпадении восстановленного азота на своей территории имеет 3 хорошо выраженных периода. В периоде 1997-2006 (по 2 типу данных) и 2003 – 2006 (по 1 типу данных) доля вклада собственных выбросов РФ составляла 43-45%, за исключением 2003 года, когда значение по 2 типу данных резко возросло до 56%. В дальнейшем, при использовании данных в расширенных границах, доля выбросов России в поступление восстановленного азота на своей территории увеличилась с 54 до 60%. В периоде 2016–2021 (при использовании 1 типа данных) доля РФ продолжала увеличиваться, и к 2021 году составила 79%, при небольших вариациях в 2018–2020 гг. на уровне 67-68% (рис.1.7.20). При таком характере изменений можно предположить, что в последующие годы доля РФ в выпадениях восстановленного азота будет расти и, возможно, с постоянным превышением уровня в 70%.

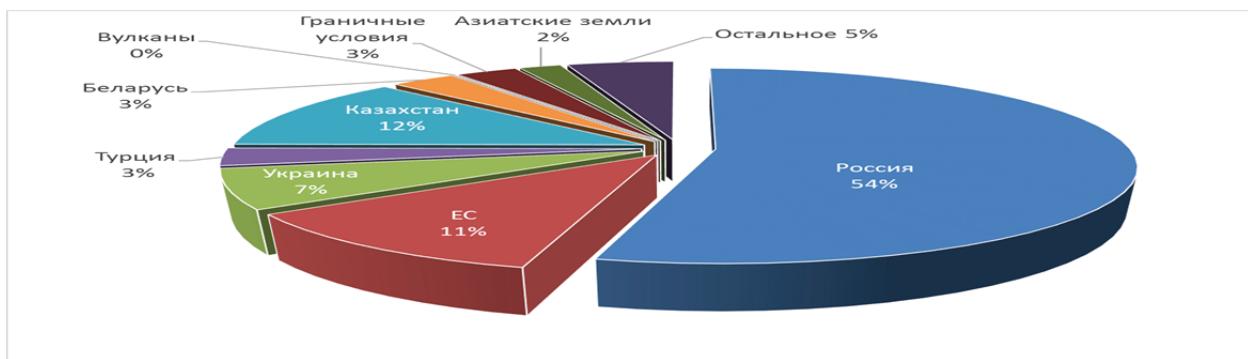


Рис.1.7.19 Многолетнее накопленное распределение долей «стран-вкладчиков» в выпадении восстановленного азота на территории РФ (1997 - 2021).

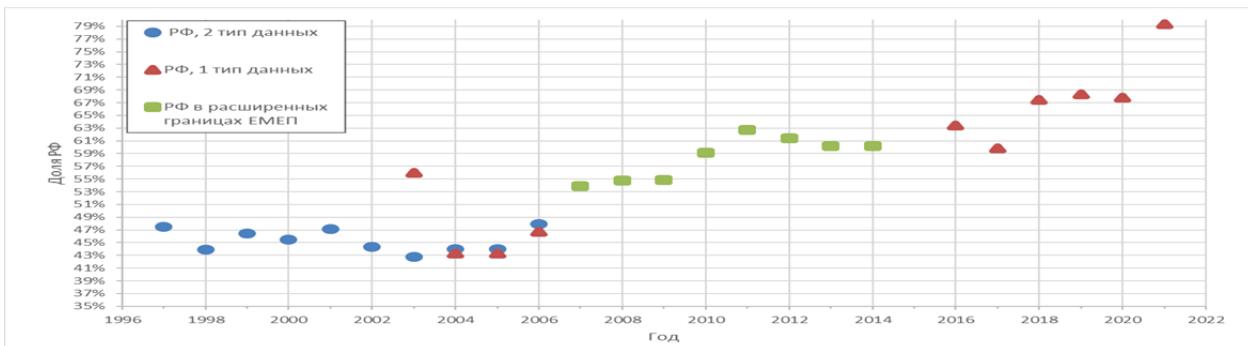


Рис.1.7.20 Изменение доли вклада РФ в общее выпадение восстановленного азота на территории РФ (в границах региона моделирования ЕМЕП).

По результатам обработки данных моделирования выпадений соединений серы и азота в границах региона ЕМЕП отмечено, что в регионах размещения станций ЕМЕП за 2016-2021 г. продолжали снижаться потоки влажных (с осадками) и общих выпадений окисленной серы и окисленного азота. Потоки из атмосферы аммонийного азота продолжают оставаться на одном уровне значений более 10 лет, а в центре ЕТР формируется тенденция их роста с 2013-2014 гг.

Наиболее низкие значения плотности годовых выпадений серы и азота по данным моделирования отмечаются в арктических регионах ЕЧР, относительно низкая интенсивность (до 0,15 т/км² серы, окисленного азота) – в ряде областей и республик Центрального и Приволжского федеральных округов. Высокие общие выпадения аммонийного азота характерны для субъектов РФ в Северо-Кавказском ФО и юго-запада Центрального ФО.

2. ПОЧВА И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

2.1. Фоновое содержание загрязняющих веществ в почвах и растительности биосферных заповедников по данным сети станций комплексного фонового мониторинга

Почва и растительность являются главными депонирующими средами наземных экосистем, в которых происходит долговременное накопление элементов и веществ глобального и регионального уровней рассеяния, в том числе обладающих экотоксичными свойствами. Для контроля текущих уровней аккумуляции загрязняющих веществ, а также выявление многолетних трендов их изменения в течение ряда лет поддерживается работа станций комплексного фонового мониторинга (СКФМ). Сеть СКФМ приурочена к особо охраняемым природным территориям – биосферным заповедникам (БЗ) и национальным паркам (НП), что определяет отсутствие на участках наблюдений импактных источников антропогенного загрязнения и возможность получения репрезентативных данных по фоновой геохимической обстановке на территории. На международном уровне сеть СКФМ входит в систему глобального мониторинга окружающей среды «The Global Environment Monitoring System» ЮНЕП, а пункты проводимых наблюдений включены во Всемирную сеть биосферных резерватов (БР) ЮНЕСКО (за исключением Алтайского БЗ/Яйлю).

В Российской Федерации работа СКФМ организуется и поддерживается службой Росгидромета, а их сеть охватывает основные природные зоны и области высотной поясности горных систем (рис.2.1.1). В пределах Республики Узбекистан мониторинговые наблюдения ведутся в Чаткальском горно-лесном государственном БЗ который был основан в 1947 году, с 1978 года был включен в перечень БР ЮНЕСКО, а в 2018 году преобразован в Угам-Чаткальский государственный национальный природный парк.



Рис. 2.1.1. Местоположение сети СКФМ: 1 – НП Смоленское Поозерье, 2 – Приокско-Террасный БЗ, 3 – Воронежский БЗ, 4 – Кавказский БЗ, 5 – Волжско-Камский БЗ, 6 – Алтайский БЗ (Яйлю), 7 – Баргузинский БЗ, 8 – Командорский БР, 9 – ГПЗ «Арчекасский кряж» (Мариинск-Уральская СКФМ), 10 – Угам-Чаткальский национальный природный парк

При проведении мониторинга содержания загрязняющих веществ в почвах и растительности СКФМ на постоянных пробных площадках регулярно (один раз в 3-5 лет) по унифицированной схеме осуществляется отбор проб почв и доминантных видов растений древесного, травянисто-кустарничкового и мохового ярусов. Смешанные средние образцы почв отбираются методом конверта согласно ГОСТ 17.4.4.02-2017: в травянистых экосистемах с общей площади выдела $10 \times 10 \text{ м}^2$ из верхнего минерального слоя профиля на глубину 10 см, а в лесных экосистемах – с общей площади выдела $25 \times 25 \text{ м}^2$ из горизонта лесной подстилки и верхнего 10-см слоя нижележащих минеральных горизонтов. Смешанные средние пробы доминантных видов растений и, в ряде случаев, общие укосы растительности травяного яруса отбираются по всей

площади пробных площадей по фракциям: листва и хвоя деревьев, надземная часть травянисто-кустарничкового покрова, стебли и листья мхов.

Контролируемыми показателями фонового загрязнения наземных экосистем в районах размещения СКФМ служат тяжелые металлы – кадмий, свинец, медь (Cd, Pb, Cu), а также стойкие органические вещества – бенз(а)пирен, ДДТ (по сумме изомеров) и ГХГЦ (по изомеру γ-ГХГЦ). При этом кадмий, свинец и особо опасные пестициды внесены Всемирной организацией здравоохранения в список 10-ти самых опасных химических веществ, глобальное рассеяние которых пагубно влияет на здоровье человека и санитарное состояние окружающей среды.

В 2022 году, согласно ротационной схеме, учет текущих уровней накопления загрязняющих веществ в почвах и растительности фоновых территорий производился в Приокско-Террасном, Воронежском, Кавказском, и Алтайском (Яйлю) биосферных заповедниках, а также на опорных площадках Чаткальской СКФМ (Республика Узбекистан). Кроме того, в 2022 году в сеть вошел новый пункт наблюдений – СКФМ Мариинск-Уральская, приуроченная к особо охраняемой природной территории регионального значения – государственному биологическому (ботаническому) природному заказнику «Арчекасский кряж» (Кемеровская область).

Фоновое содержание загрязняющих веществ в почвах

Отмечаемые в последние сроки наблюдений на СКФМ величины содержания тяжелых металлов в верхних горизонтах почв в целом близки к оценкам среднемировых кларков элементов в верхней части континентальной земной коры (табл. 2.1.1). Исключения составляют только повышенные уровни соединений свинца в горных бурых лесных почвах Кавказского БЗ, которые обусловлены естественной обогащенностью этим элементом материнских гранитогнейсовых пород Альпийско-Гималайского складчатого пояса, а также повышенные по сравнению с другими СКФМ концентрации соединений меди в дерново-подзолистых почвах новоорганизованного пункта мониторинга в ГПЗ «Арчекасский кряж» (Мариинск-Уральская СКФМ), которые могут определяться наличием природной и антропогенной аномалии меди в покровных отложениях Кемеровской области.

За последнее десятилетие мониторинговых наблюдений для величин валового содержания соединений тяжелых металлов в почвах российских СКФМ был характерен широкий размах варьирования со следующей кратностью превышения максимальных концентраций над минимальными:

- для соединений свинца – в 3-5 раз для почв НП Смоленское Поозерье, Кавказского, Волжско-Камского, Алтайского (Яйлю) и Баргузинского БЗ; в 8-14 раз для почв Астраханского и Приокско-Террасного БЗ; в 24 раза для почв Воронежского БЗ;

- для соединений кадмия – в 3-6 раз для почв НП Смоленское Поозерье, Кавказского и Астраханского БЗ; в 11-17 раз для почв Воронежского, Волжско-Камского и Алтайского (Яйлю) БЗ; в 33-70 раз для почв Приокско-Террасного и Баргузинского БЗ;

- для соединений меди – в 2-5 раз для почв Воронежского, Кавказского, Астраханского и Баргузинского БЗ; в 7-9 раз для почв НП Смоленское Поозерье, Волжско-Камского и Алтайского (Яйлю) БЗ; в 109 раз для почв Приокско-Террасного БЗ.

Таблица 2.1.1. Содержание тяжелых металлов и органических загрязнителей в почвах СКФМ за период 2018-2022 гг. (по последнему сроку наблюдения)

СКФМ	Опробованные почвы	Свинец	Кадмий	Медь	Бенз(а)пирен	сумма-ДДТ	γ-ГХГЦ
		мг/кг				мкг/кг	
<i>Центральный федеральный округ</i>							
НП Смоленское Поозерье	Дерново-подзолистые супесчаные	8,8	0,35	11,9	0,2	≤0,2	≤0,2
Приокско-Террасный БЗ	Дерново-подзолистые суглинистые	11,5	0,05	1,5	0,6	4,5	0,3
Воронежский БЗ	Дерново-подзолистые песчаные	11,5	0,09	4,3	0,9	21,7	10,2
<i>Южный федеральный округ</i>							
Кавказский БЗ	Горные бурые лесные суглинистые	39,2	0,06	24,2	0,2	18,5	0,7
Астраханский БЗ	Аллювиальные луговые и лугово-болотные суглинистые	12,6	0,43	14,5	0,1	2,9	1,3
<i>Приволжский федеральный округ</i>							

СКФМ	Опробованные почвы	Sвинец	Кадмий	Медь	Бенз(а)пирен	сумма- ДДТ	У- ГХГЦ
		мг/кг				мкг/кг	
Волжско-Камский БЗ	Дерново-подзолистые суглинистые	3,2	0,11	2,6	0,2	35,6	1,0
<i>Сибирский федеральный округ</i>							
Алтайский БЗ (Яйлю)	Горно-луговые суглинистые	7,7	0,04	8,5	0,5	4,8	0,25
ГПЗ «Арчекасский кряж» (Мариинск-Уральская СКФМ)	Дерново-подзолистые суглинистые	18,6	0,27	86,5	-	-	-
Баргузинский БЗ	Горные мерзлотно-таежные суглинистые	4,9	0,23	6,1	0,5	15,5	1,7
<i>Дальневосточный федеральный округ</i>							
Командорский БР	Подзолы песчаные	5,2	0,17	10,4	0,3	36,0	1,1
<i>Республика Узбекистан</i>							
Угам-Чаткальский НП	Горные коричневые и бурые горно-лесные суглинистые	27,7	0,55	8,9	-	-	-
ОДК _{вал} *		32 / 65 / 130	0,5 / 1 / 2	33 / 66 / 132	20	100	100
Кларк почв**		16 / 17 / 17	0,13 / 0,06 / 0,64	47 / 27 / 39	-	-	-

* ОДК_{вал} по СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» для песчаных и супесчаных почв / кислых почв суглинистого и глинистого состава с рН_{KCl} < 5,5 / близких к нейтральным и нейтральным почвам суглинистого и глинистого состава с рН_{KCl} > 5,5 соответственно

** Кларки элементов в верхней части континентальной земной коры по: А.П.Виноградову (1962) / К.Н.Wedepohl (1995) / Z.Hu and S.Gao (2008) / Н.А.Григорьеву (2009)

Мониторинговые наблюдения на четырех опорных площадках, организованных в Угам-Чаткальском национальном природном парке Республики Узбекистан (урочища «Полевая База», Кушкутан, Петросай, Кизилолма), также выявили значительное варьирование уровней накопления тяжелых металлов как между опорными площадками, так и по отдельным годам наблюдений. При этом усредненные за период с 2015 по 2022 гг. величины содержания в почвах Западного Тянь-Шаня соединений ртути составили $0,001 \pm 0,001$ мг/кг (размах от <0,001 до 0,021 мг/кг), свинца – $20,7 \pm 2,4$ мг/кг (размах от 7,6 до 35,8 мг/кг), кадмия – $0,65 \pm 0,17$ мг/кг (размах от 0,2 до 2,1 мг/кг), меди – $13,2 \pm 5,0$ мг/кг (размах от 3,3 до 66,8 мг/кг), цинка – $25,5 \pm 7,4$ мг/кг (размах от 0,5 до 94,9 мг/кг).

На основе показателей применяемого в Российской Федерации санитарно-гигиенического нормирования содержания в почвах тяжелых металлов, текущие уровни накопления в почвах СКФМ соединений свинца, кадмия и меди в основном не превышают величин ориентировочно-допустимых концентраций (ОДК) или предельно-допустимых концентраций (ПДК) тяжелых металлов, что характеризует фоновый уровень загрязнения наземных экосистем фоновых территорий как экологически приемлемый. Вместе с тем, в почвах Кавказского БЗ выявлены спорадические приближения или даже превышение нормативных величин содержания соединений свинца, в почвах Угам-Чаткальского НП, Воронежского БЗ и Приокско-Террассного БЗ – соединений кадмия (рис. 2.1.2). Это может свидетельствовать о повышенном геохимическом фоне содержания свинца и кадмия в почвах и породах горных систем, а также об эпизодах увеличения региональной антропогенной нагрузки на наземные экосистемы промышленно развитых регионов с повышенной плотностью населения.

Содержание в почвах СКФМ России приоритетных загрязнителей органической природы характеризует их экологическое состояние в основном как благополучное. Как правило, в поверхностных горизонтах почв обнаруживаются лишь следовые количества поллютантов, поступивших в наземные экосистемы заповедников и национальных парков вследствие глобального рассеяния в атмосфере. Так, содержание в почвах СКФМ наиболее значимого химического канцерогена органической природы – бенз(а)пирена – на один-два порядка меньше, чем величина его ПДК. Лишь единично за 10-летний период наблюдений в 2009 г. в дерново-подзолистых почвах Воронежского БЗ было отмечено содержание бенз(а)пирена на уровне 0,9 ПДК, однако согласно последнему сроку опробования почв концентрация поллютанта близка к пределу его обнаружения.

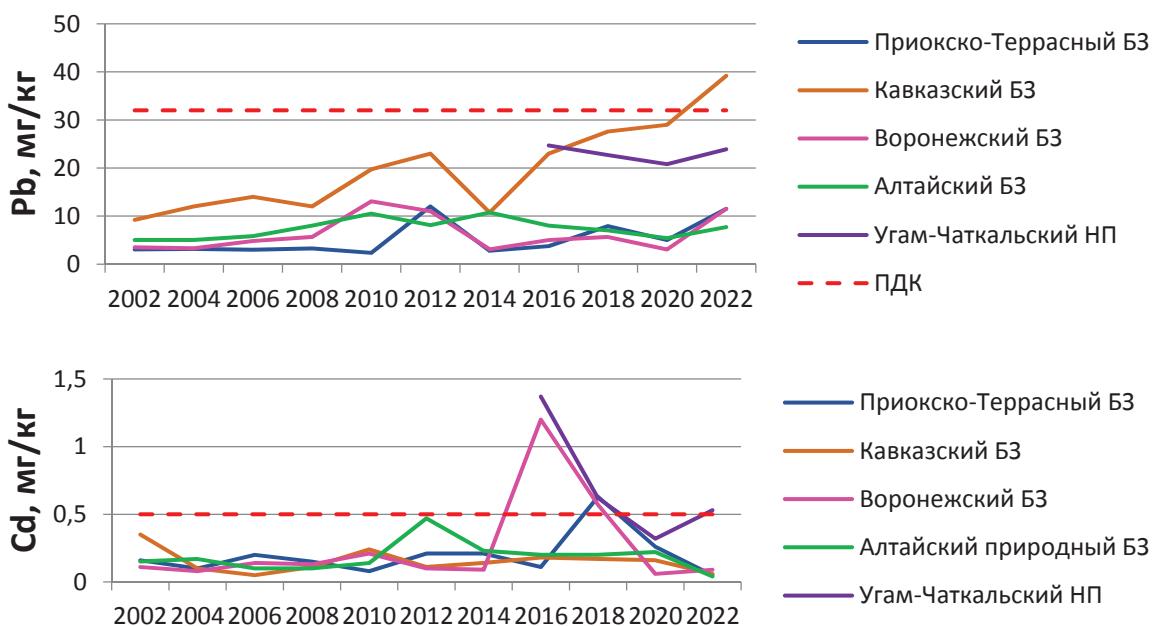


Рис. 2.1.2. Варьирование средних величин концентраций выборочных тяжелых металлов в почвах СКФМ за период с 2002 по 2022 гг.

В отношении стойкого в природной среде пестицида ДДТ и его метаболитов в почвах СКФМ в последние годы регистрируются концентрации, которые в 3-5 раз ниже установленного ПДК. Однако в ряде почв станций фонового мониторинга с суглинистым составом спорадически отмечаются достаточно высокие остаточные концентрации пестицида, поступившего ранее из атмосферы. Так, суммарное содержание ДДТ и его метаболитов, численно превышающее величину 0,5 ПДК, зарегистрировано в дерново-подзолистых почвах Приокско-Террасного БЗ, Воронежского БЗ и Волжско-Камского БЗ, а также в горных мерзлотно-таежных почвах Баргузинского БЗ.

При контроле остаточных количеств инсектицида γ -гексахлорциклогексана (γ -ГХЦГ), который был официально запрещен к применению в России в 1990 г., в почвах СКФМ регистрируются значения, которые близки к пределу лабораторного обнаружения и в 50 и более раз ниже установленных ПДК. Это позволяет говорить о фактическом отсутствии в настоящее время загрязнения почв фоновых территорий γ -ГХЦГ.

Фоновое содержание загрязняющих веществ в растительности

Растительный покров является первым ярусом наземных экосистем, который перехватывает и аккумулирует примеси при их сухом осаждении и мокром выпадении из атмосферы. Впоследствии помимо непосредственного фолиарного задержания загрязняющих веществ растения накапливают в своих тканях экотоксиканты, поступающие в них из почвы путем метаболического и/или пассивного поглощения. Таким образом, накопление загрязняющих веществ в растительности служит важной характеристикой экологического состояния наземных экосистем.

За период наблюдений 2011-2022 гг., включая последний срок опробования, визуальное обследование состояния фитоценозов СКФМ России и Узбекистана не обнаруживает видимых признаков нарушений роста и развития растений, которые могли бы отражать признаки загрязнения окружающей среды.

Содержание контролируемых тяжелых металлов и органических загрязнителей в зеленных частях доминантных видов растений древесного, травянистого и мохового ярусов СКФМ в целом отвечает характеристикам природного фона и находится в более узких пределах колебаний, чем в почвах, что отражает буферную роль почвенной компоненты наземных экосистем в формировании миграционных потоков элементов (табл. 2.1.2).

По сравнению с кларковыми значениями содержания тяжелых металлов в растительности суши, оцененными А.П. Виноградовым (1962), в настоящее время заметно повышение в рас-

тительности СКФМ России средних уровней содержания свинца, меди и особенно кадмия. Средние концентрации последнего максимальны в хвое сосны и листьях березы СКФМ Воронежского БЗ, а также в листьях ветлы на площадке СКФМ Астраханского БЗ. При этом существенное превышение измеренных на всех СКФМ абсолютных величин содержания элемента в растениях над его кларковым значением в живом веществе 0,01 мг/кг (Виноградов, 1962) может свидетельствовать о тренде расширения техногенного потока кадмия в последнюю декаду мониторинговых наблюдений.

Таблица 2.1.2. Средние концентрации тяжелых металлов и органических загрязнителей в растительности СКФМ в период 2018-2022 гг. (по последнему сроку наблюдения, на единицу абсолютно сухой массы растений)

Станция КФМ	Проба	Свинец	Кадмий	Медь	Бенз(а)пирен	сумма-ДДТ	γ-ГХГЦ
		мг/кг	мкг/кг	мкг/кг	мкг/кг		
<i>Центральный федеральный округ</i>							
НП Смоленское Поозерье	Осина, листья	1,2	0,90	5,3	0,03	1,1	≤0,05
	Липа, листья	3,4	0,39	9,2	0,03	-	-
	Черника, листья	0,3	0,22	8,0	0,13	11,0	1,0
	Mox	4,0	0,90	4,3	0,14	7,1	1,7
Приокско-Террасный БЗ	Береза, листья	7,3	0,46	2,8	0,36	3,7	1,7
	Разнотравье	1,0	0,32	5,0	0,58	54,4	2,4
Воронежский БЗ	Сосна, хвоя	6,2	3,00	0,4			
	Береза, листья	2,1	4,80	6,0			
	Черника, листья	2,2	0,48	3,1			
	Осока	1,8	1,10	2,5	0,40	37,3	2,4
	Разнотравье	3,0	1,12	2,4			
	Mox	10,3	0,90	-			
<i>Южный федеральный округ</i>							
Кавказский БЗ	Разнотравье	1,1	0,92	24,6	0,54	24,8	0,3
Астраханский БЗ	Ясень, листья	1,0	3,10	3,2	0,20	118,3	0,7
	Ветла, листья	0,6	29,70	5,6	0,18	4,4	0,5
	Тростник	0,6	0,92	4,1	0,37	18,0	нпо
	Ежевика	0,7	3,50	5,5	0,19	28,2	нпо
<i>Приволжский федеральный округ</i>							
Волжско-Камский БЗ	Сосна, хвоя	2,5	0,40	4,2	0,25	12,0	4,0
	Клен, листья	1,9	1,80	3,8			
	Рябина, листья	1,2	1,80	7,0			
	Черника, листья	0,8	1,40	5,2			
	Разнотравье	3,0	1,50	3,5	0,07	3,0	2,0
	Mox	37,0	0,80	5,0	0,10	122,0	2,5
<i>Сибирский федеральный округ</i>							
Алтайский БЗ (Яйлю)	Разнотравье	0,8	1,50	4,0			
Баргузинский БЗ	Листва деревьев	0,5	0,60	2,3	0,25	3,4	1,5
	Кедр, хвоя	0,7	0,30	1,9	0,35	13,0	
	Разнотравье	0,7	0,15	1,9	0,33	-	3,4
	Mox	2,2	0,60	2,7			
<i>Дальневосточный федеральный округ</i>							
Командорский БР	Рододендрон	0,5	0,10	4,0	-	-	-
<i>Республика Узбекистан</i>							
Угам-Чаткальский НП	Арча (опад листьев)	8,0	0,26	2,1	-	-	-
	Разнотравье	6,8	0,32	5,0	-	-	-
	Mox	105,1	1,95	20,9			
Кларк растений		0,1	0,01	2	-	-	-

- нет данных

** кларки элементов в растительности по А.П. Виноградову (1962)

Среди представителей растительного покрова Угам-Чаткальского НП высокими концентрациями тяжелых металлов отличаются мхи. По сравнению с доминантой древесного яруса – арчой – и разнотравьем травянистого яруса мхи накапливают в ≈ 4-5 раз больше соединений свинца, в 13-15 раз – кадмия, в 4-10 раз – меди. Поскольку уровни накопления минеральных элементов в стеблях и листьях моховых видов растений в большей степени определяются фолиарным поглощением поступающих из атмосферы веществ, чем корневым потреблением элементов из почвы, подобный феномен свидетельствует о существенной атмосферной нагрузке тяжелых металлов в регионе.

Загрязняющие вещества органической природы, в отличии от тяжелых металлов, накапливаются в растительности СКФМ в незначительных количествах. Лишь повышенные остаточные концентрации ДДТ и его метаболитов в растительности мохового яруса Волжско-Камского БЗ может свидетельствовать о длительности эффектов применения этого препарата в Приволжском ФО. Помимо этого, спорадическое повышение остаточных количеств ДДТ и его метаболитов в растительности фоновых территорий может определяться спецификой биоклиматических особенностей вегетации в годы наблюдений, а также пространственной неоднородностью распределения поллютантов в наземных экосистемах.

Другие загрязнители органической природы – как бенз(а)пирен, так и γ -ГХГЦ – обнаруживаются в растительности всех СКФМ лишь в незначительных количествах.

В целом, согласно результатам последнего опробования, для отдельных показателей фонового загрязнения компонентов растительного покрова СКФМ тяжелыми металлами максимальные средние уровни содержания соединений свинца (37,0 мг/кг) отмечаются в моховом покрове Волжско-Камского БЗ; кадмия (29,7 мг/кг) – в листьях березы Воронежского БЗ; меди (24,6 мг/кг) в разнотравье Кавказского БЗ. Наиболее высокие средние уровни содержания бенз(а)пирена (0,5-0,6 мкг/кг) наблюдаются в разнотравье напочвенного покрова Приокско-Террасного и Кавказского БЗ; остаточных количеств ДДТ и его метаболитов (122 мкг/кг) – в растительности мохового яруса Волжско-Камского БЗ; а остаточных количеств γ -ГХГЦ (4,0 мкг/кг) – в хвое сосны Волжско-Камского БЗ.

2.2. Содержание загрязняющих веществ в почвах фоновых участков промышленных регионов по результатам наблюдательной сети Росгидромета

Для сравнения уровней загрязнения почв токсикантами промышленного происхождения (ТПП) вблизи источников промышленных выбросов с фоновыми массовыми долями соответствующих химических веществ ежегодно проводится отбор проб почв на фоновых территориях, прилегающих к техногенным. Фоновая площадка для вещества в почвах обследуемого города - это территория в районе расположения города с фоновой концентрацией вещества в почвах, аналогичных почвам города.

Ежегодно летом отбирается от 1 до 10 объединённых проб почв на территории фоновых площадок обследуемых городов. В почвах определяются массовые доли тяжелых металлов (ТМ), нефти и нефтепродуктов (НП), фтора, нитратов, сульфатов, бенз(а)пирена (БП) и др.

В 2022 г. наблюдения за содержанием в почвах фоновых участков ТМ, НП, фтора, нитратов, сульфатов, БП проводились на территориях Центрального федерального округа (Московской области), Дальневосточного федерального округа (Приморского края), Сибирского федерального округа (Иркутской, Кемеровской, Новосибирской, Омской и Томской областей), Уральского федерального округа (Свердловской области), Приволжского федерального округа (Республики: Башкортостан, Татарстан, Удмуртская, Чувашская, Нижегородская, Ульяновской и Самарской областей).

В табл. 2.2.1 представлены значения массовых долей нитратов, сульфатов и водорастворимого фтора в почвах фоновых площадок на территории Новосибирской, Кемеровской, Томской, Самарской и Свердловской областей, а также Приморского края.

Таблица 2.2.1. Массовые доли нитратов, сульфатов и водорастворимого фтора, мг/кг, в почвах фоновых площадок на территории Российской Федерации

Место наблюдений	Тип почв	Год наблюдений	Нитраты	Сульфаты	Фтор
Сибирский федеральный округ					
Западная Сибирь Новосибирск с. Прокудское	Подзолистые	1995–2022	<u>2,0–36,5</u> 13,8	–	<u>0,2–4,1</u> 1,4
Кемерово, д. Калинкино ЮЮЗ 55 км от ГРЭС	Выщелоченный чернозём	1995–2022	<u>0,41–87,5</u> 42,4	–	<u>0,4–3,5</u> 1,2
г. Томск, с. Ярское Ю 35 км от ГРЭС-2	Подзолистые	2001–2022	<u>1,5–156,7</u> 9,0	–	<u>0,3–3,8</u> 1,4
Иркутская область г. Зима	Дерново-луговые, серые лесные	2009, 2016, 2022	–	<u>24–547</u> 250,3	<u>1,1–3,3</u> 3,3
г. Саянск	Серые лесные	2009, 2016, 2022	–	<u>61–353</u> 6,7	<u>1,1–3,1</u> 3,1
Дальневосточный федеральный округ					
Приморский край г. Спасск-Дальний	Лугово-бурая оподзоленная	1997, 2006, 2014, 2022	–	<u>1,2–52,7</u> 52,7	–
г. Уссурийск	Лугово-бурая оподзоленная	1999, 2005, 2013, 2022	–	<u>6,5–66,4</u> 66,4	–
Приволжский федеральный округ					
Самарская область Волжский район НПП «Самарская Лука» 3 100 км от г. Самара	Чернозёмы	2006–2022	<u>1-47</u> 2,5	<u>24-216</u> 48,0	<u>0,2-3,3</u> 0,3
Волжский район АГМС п. Аглос ЮЗ 20 км от г. Самара			<u>0,7-36</u> 2,2	<u>16-149</u> 135,5	<u>0,6-4,1</u> 0,6
Уральский федеральный округ					
Свердловская область п. Марийск ЮЗ 54 км от г. Екатеринбург	Подзолистые	1999–2022	<u>0,2-13,2</u> 3,9	–	–

Примечания: в знаменателе указаны результаты наблюдений 2022 г.;

– не определяли

Данные, представленные в табл. 2.2.1 демонстрируют значительные колебания содержания в почвах нитратов, сульфатов и фтора за рассматриваемый период. Следует отметить, что в 2022 г. на территории фоновой площадки с. Ярское Томской области содержание нитратов в почве (9,0 мг/кг) снизилось в 3,4 раза по сравнению с предыдущим годом наблюдений

(30,9 мг/кг). В 2022 г. по сравнению с данными предыдущего обследования увеличились концентрации сульфатов в почвах фоновых площадок городов Спасск-Дальний и Уссурийск Приморского края в 44 и 3 раза соответственно. В целом, несмотря на варьирование содержания вышеуказанных химических веществ, превышение допустимых гигиеническими нормативами значений выявляется редко.

Результаты многолетних наблюдений за фоновыми валовыми и/или кислоторастворимыми (сравнимыми с валовыми) формами массовых долей кобальта, марганца, никеля, ртути в почвах отдельных регионов РФ представлены в табл. 2.2.2.

Таблица 2.2.2. Массовые доли валовых (или кислоторастворимых) форм кобальта, марганца, никеля и ртути, мг/кг, в почвах фоновых площадок на территории Российской Федерации

Место наблюдений	Тип почв	Год наблюдений	Со	Mn	Ni	Hg
Центральный федеральный округ						
Московская область Сергиево-Посадский район	Дерново-подзолистые	2005, 2013, 2022	<u>4,1-10,0</u> 4,1	<u>155,2-600</u> 155,2	<u>9,5-25,0</u> 9,5	—
Сибирский федеральный округ						
Иркутская область г. Зима	Дерново-луговые, серые лесные	2009, 2016, 2022	—	<u>113,0-777</u> 113,0	—	<u>0,03-0,1</u> 0,1
г. Саянск	Серые лесные	2009, 2016, 2022	—	<u>89,3-610</u> 89,3	—	<u>0,04-0,06</u> 0,06
Дальневосточный федеральный округ						
Приморский край г. Спасск-Дальний	Лугово-бурая оподзоленная	1997, 2006, 2014, 2022	<u>9,2-12</u> —	<u>373,5-995</u> 373,5	<u>10,3-18</u> 10,3	<u>0,04-0,07</u> 0,04
г. Уссурийск	Лугово-бурая оподзоленная	1999, 2005, 2013, 2022	<u>6,3-12</u> —	<u>565,5-895</u> 565,5	<u>8,6-18</u> 8,6	<u>0,04-0,06</u> 0,04
Уральский федеральный округ						
Свердловская область п. Марийск ЮЗ 54 км от г. Екатеринбург	Дерново-подзолистые	1999-2022	<u>4-44</u> 18,8	<u>77-3110</u> 854,5	<u>1,5-53</u> 33,5	<u>0,01-0,20</u> 0,05
Приволжский федеральный округ						
Нижегородская область г. Арзамас	Дерново-подзолистые	2012, 2013, 2014, 2022	<u><2,2-11</u> 10	<u>188-520</u> 188	<u>19-25</u> 25	<u><0,02-0,04</u> 0,04
Самарская область НПП «Самарская Лука» 3 100 км от г. Самара	Черноземы	2006-2022	—	<u>43-515</u> 298,3	<u>11-87</u> 21,6	—
АГМС п. Аглос ЮЗ 20 км от г. Самара			—	<u>175-778</u> 334,1	<u>9-103</u> 39,3	—
Республика Башкортостан г. Агидель	Дерново-подзолистые	2006, 2012, 2022	8*	551*	<u>52-54</u> 52	—
Республика Татарстан г. Казань СЗ 20 км	Дерново-подзолистые	2008-2022	2-8**	<u>250-613</u> 486,1	<u>2-36</u> 3,4	<u>0,01-0,04</u> 0,02
г. Нижнекамск г. Набережные Челны СВ, Национальный парк «Нижняя Кама»			3-9**	<u>223-549</u> 452	<u>12-51</u> 21,2	<u>0,01-0,04</u> 0,02

Примечания: в знаменателе указаны результаты наблюдений 2022 г.;

* – данные наблюдений только за 2012 г.;

** – данные за период 2008–2015 гг.;

– не определяли

Массовые доли кислоторастворимых форм кадмия, меди, свинца, цинка и НП в почвах фоновых площадок на территории отдельных регионов Российской Федерации представлены в табл. 2.2.3. Данные многолетних наблюдений демонстрируют, что за весь период наблюдений превышение установленных нормативов по содержанию в почвах токсикантов промышленного происхождения выявляется редко. При этом наблюдавшиеся массовые доли металлов в почве в различные годы и в различных точках отбора могут различаться в несколько раз. В качестве примера на рис. 2.2.1 представлены результаты обследований, проведенных с 1999 по 2022 гг. в районе п. Марийск Свердловской области на площадке многолетних фоновых наблюдений.

Таблица 2.2.3. Массовые доли валовых (или кислоторастворимых) форм кадмия, меди, свинца, цинка и НП, мг/кг, в почвах фоновых площадок на территории Российской Федерации

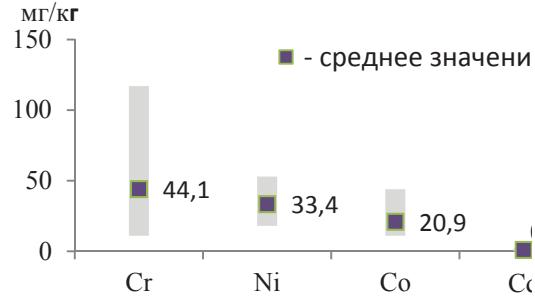
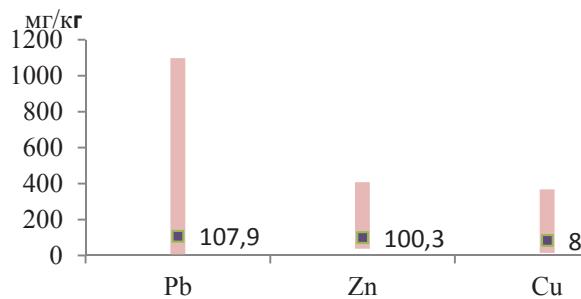
Место наблюдений	Тип почв	Год	Cd	Cu	Pb	Zn	НП
Центральный федеральный округ							
Московская область Сергиево-Посадский район	Дерново- подзолистые	2005, 2013, 2022	<u>0,2-0,3</u> 0,2	<u>14-17</u> 10,9	<u>14-15,4</u> 15,4	<u>26-45</u> 40,2	—
Сибирский федеральный округ							
Западная Сибирь	Выщелоченный	1995-2022	<u><0,1-6,3</u>	4-41	5-31	18-169	5,6-110

Место наблюдений	Тип почв	Год	Cd	Cu	Pb	Zn	НП
г. Кемерово	чернозём		0,5	20,6	15,8	48,0	5,6
д. Калинкино							
г. Новокузнецк	Подзолистые	2022	0,3	20,9	12,7	58,3	—
пос. Ключи							
г. Новосибирск	Подзолистые	1995-2022	<u>0,1-3,0</u> 0,3	<u>3-30</u> 13,9	<u>1,6-40</u> 8,2	<u>5-129</u> 30,5	<u>9-264</u> 38,8
с. Прокудское							
г. Томск, с. Ярское	Подзолистые	2001-2022	<u><0,1-0,9</u> 0,4	<u>2-21,3</u> 13,5	<u>4,1-27</u> 8,9	<u>22-200</u> 37,3	<u>20-296</u> 91,2
Иркутская область	Дерново-луговые,	2009, 2016,	<u>1,3-1,7</u>	<u>12-29</u>	<u>12-83</u>	<u>32-64</u>	
г. Зима	серые лесные	2022	1,3	12,2	12,5	39,7	—
г. Саянск	Серые лесные	2009, 2016,	<u>1,0-1,3</u> 1,3	<u>7,2-39</u> 7,2	<u>10-83</u> 12,5	<u>15-57</u> 30,0	—
2022							
Дальневосточный федеральный округ							
Приморский край	Лугово-бурая	1997, 2006,	<u>0,02-0,4</u>	<u>12-14,6</u>	<u>19-20,0</u>	<u>45-60,4</u>	
г. Спасск-Дальний	оподзоленная	2014, 2022	0,02	14,6	20,0	60,4	—
г. Уссурийск	Лугово-бурая	1999, 2005,	<u><0,01-0,4</u>	<u>12-15,5</u>	<u>18-23</u>	<u>42,8-63</u>	
	оподзоленная	2013, 2022	<0,01	15,5	22,8	42,8	—
Уральский федеральный округ							
Свердловская область	Дерново-	1999-2022	<u>0,3-2,2</u>	<u>15-281</u>	<u>7,0-137</u>	<u>44-213</u>	
п. Маринск ЮЗ 54 км от	подзолистые		0,3	86,5	18,5	73,8	—
г. Екатеринбург							
Приволжский федеральный округ							
Нижегородская область	Дерново-	2012, 2013,	<u><0,5-4,0</u>	<u>16-29</u>	<u>≤6-20</u>	<u>52-77</u>	
г. Арзамас	подзолистые	2014, 2022	<0,5	17	<6	46	25
Самарская область	Черноземы	2006-2022	<u>0,2-2,8</u> 0,2	<u>7-118</u> 16,3	<u>8-88</u> 14,4	<u>35-219</u> 65,3	<u>9-175</u> 99,7
НПП «Самарская Лука»							
АГМС п. Аглос ЮЗ 20 км от			<u>0,1-2,5</u> 0,3	<u>8-55</u> 29	<u>1-21</u> 16,4	<u>31-271</u> 44	<u>2,4-69,2</u> 95,1
г. Самара							
Республика Башкортостан	Дерново-	2006, 2012, 2022	0,2*	<u>11-26</u> 26	<u>6-15</u> 6	<u>41-220</u> 57	
г. Агидель	подзолистые						—
Республика Татарстан		2008-2022	<u>0,1-0,5</u> 0,2	<u>1,2-11</u> 1,9	<u>3-18</u> 3,1	<u>9,3-180</u> 14,8	<u>2,3-96</u> 33,0
г. Казань С3 20 км							
г. Нижnekамск	Дерново-	2008-2022	<u>0,1-1,1</u> 0,6	<u>5-28,8</u> 8,8	<u>2,3-22</u> 4,7	<u>17-89,6</u> 28,2	<u>15-150</u> 42,0
г. Набережные Челны СВ,							
Национальный парк «Нижняя Кама»							

Примечание: в знаменателе указаны результаты наблюдений 2022 г.

* – данные наблюдений за 2006 г.

Кислоторастворимые формы



Подвижные формы

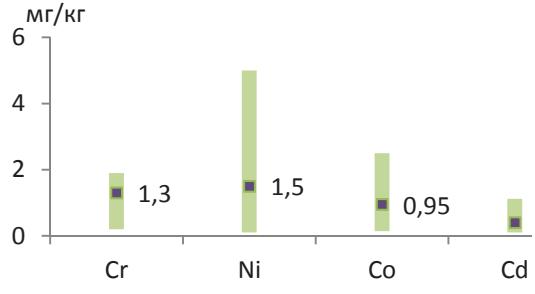
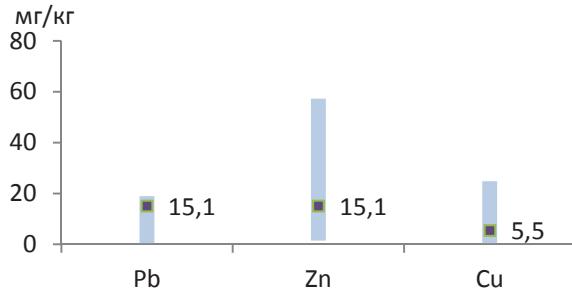


Рис. 2.2.1. Диапазон варьирования и среднее содержание кислоторастворимых и подвижных форм металлов в почве фонового участка п. Маринск (Свердловская область) по данным наблюдений 1999-2022 г.

На территории Приморского края в 2022 г. содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве определялось на фоновых площадках вблизи городов Спасск-Дальний и Уссурийск. В почве фонового участка в районе г. Спасск-Дальний концентрация подвижных форм свинца составила 0,41 мг/кг, никеля – 0,34 мг/кг, цинка – 0,65 мг/кг, марганца – 92 мг/кг, меди – 0,16 мг/кг. В почве фоновой площадки г. Уссурийск содержание подвижных форм свинца было выявлено на уровне 1,1 мг/кг, меди - 0,23 мг/кг, кадмия - 0,03 мг/кг, никеля - 0,29 мг/кг, цинка - 0,65 мг/кг, марганца - 71 мг/кг.

Содержание нефтепродуктов (углеводородов) в почве подвержено колебаниям. Так, в 2022 г., по сравнению с результатами предыдущего обследования, было отмечено существенное снижение концентрации НП в почвах фоновых площадок д. Калинкино Кемеровской области и с. Ярское Томской области. Содержание нефтепродуктов в почвах фоновых участков в Омской области, по результатам проводившихся обследований, находилось в диапазоне от 20 до 155 мг/кг.

Массовая доля БП в 2022 г. определялась в почвах фоновых участков городов Спасск-Дальний и Уссурийск Приморского края. Фоновые значения содержания БП в почве вышеуказанных населенных пунктов не превышали 0,005 мг/кг.

С 2018 г. на фоновых площадках с. Прокудское (Новосибирская область) и с. Ярское (Томская область) проводятся наблюдения за содержанием в почве мышьяка. За весь период обследований концентрация мышьяка в почве с. Прокудское изменялась в диапазоне 4,1–8,4 мг/кг, в с. Ярское - 3,3–7,1 мг/кг.

В большинстве регионов значения массовых долей ТПП в почвах варьируют в определённых пределах, зависящих от природной неоднородности почв, сохраняясь в среднем за период наблюдений примерно на одном уровне. Отдельные высокие значения фоновых массовых долей химических веществ в почвах выявляются редко. За многолетний период наблюдений превышение предельно допустимых и ориентировочно допустимых концентраций химических веществ в почвах регистрировалось в единичных случаях. Анализ значений фоновых массовых долей ТПП в почвах Российской Федерации позволяет оценить состояние почв фоновых площадок как благополучное. Статистически достоверного накопления ТПП в почвах фоновых площадок за период наблюдений не было отмечено.

2.3. Оценка состояния лесных экосистем методами Международной совместной программы комплексного мониторинга

В рамках выполнения Международной совместной программы комплексного мониторинга воздействий загрязнения воздуха на экосистемы (МСП КМ) по состоянию на 2022 год на Европейской части России работает 8 стационаров: «Красная поляна» (Кавказский государственный природный биосферный заповедник); «Данки» (Приокско-Террасный государственный природный биосферный заповедник); «Дамчик» (Астраханский государственный природный биосферный заповедник); «Лесной» (Центрально-Лесной государственный природный биосферный заповедник); «Воронежский» (Воронежский государственный природный биосферный заповедник); «Мыс Киндо» (буферная зона Кандалакшского государственного природного биосферного заповедника; государственный природный комплексный ландшафтный заказник «Полярный круг»); «Курский» (охранная зона Центрально-Черноземного государственного природного биосферного заповедника); «Лесотехнический» (Дендрарий Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана).

К основным целям МСП КМ относятся осуществление мониторинга состояния экосистем и выявление связи их состояния с факторами окружающей среды с целью обеспечения научных основ для контроля выбросов загрязняющих веществ. Комплексный мониторинг экосистем подразумевает одновременное измерение физических, химических и биологических характеристик экосистем в границах водосбора для выявления трендов их изменений во времени и в пространстве.

Наиболее полно программа наблюдений МСП КМ выполняется на стационаре «Данки» в Приокско-Террасном государственном природном биосферном заповеднике. На площадках стационара проводятся наблюдения по следующим подпрограммам МСП КМ: «Метеорология», «Химия осадков», «Растительность», «Стволовые эпифиты» и «Повреждение лесов».

Также в Приокско-Террасном государственном природном биосферном заповеднике выполняются наблюдения по программам ЕМЕП и КФМ.

Для качественной и количественной оценки воздействия различных загрязняющих веществ на экосистемы в международном научном сообществе широкое применение получил масс-балансовый метод оценки миграции веществ в пределах малого водосбора. В 2022 году проведен первичный расчет масс-баланса тяжелых металлов в пределах малого водосбора для стационара «Данки» с использованием данных сетей мониторинга МСП КМ, ЕМЕП и КФМ. Показано, что для оценки миграции веществ в пределах малого водосбора необходимо расширение программы наблюдений и включения в нее определения параметров подкронового стока, стволового стока и грунтовых вод, а также получения гидрологической информации.

В 2022 году на стационаре «Данки» были выполнены измерения в соответствии с методикой подпрограммы МСП КМ «Повреждение лесов» в древостоях сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) и ели европейской (*Picea abies*). Оценка результатов измерения с использованием классов общего жизненного состояния древостоев приведена на рис.2.3.1 и 2.3.2.

Оценка отклика древостоев Приокско-Террасного заповедника на загрязнение атмосферного воздуха проводилась с использованием результатов наблюдений за изменением уровней дефолиации и депигментации хвойных древостоев за период с 2002 по 2022 год, полученных в рамках подпрограммы МСП КМ «Повреждение леса». Для оценки состояния древостоев рассчитывалось их общее жизненное состояние за весь период исследования. Результаты наблюдений сравнивались со средневзвешенными концентрациями и влажными выпадениями хлоридов, сульфатов, нитратов, соединений натрия, калия, кальция, магния и аммония, полученных в ходе выполнения ЕМЕП. Было показано улучшение состояния модельных древостоев, а последние 10 лет. В 2022 году более 70% деревьев модельных древостоев МСП КМ относились к 0 и 1 классам ОЖС.

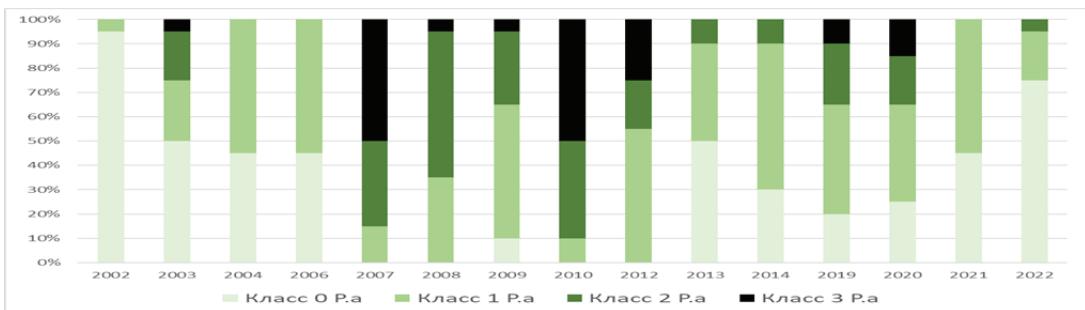


Рис. 2.3.1. Соотношение классов общего жизненного состояния (ОЖС) в древостое *Picea abies*

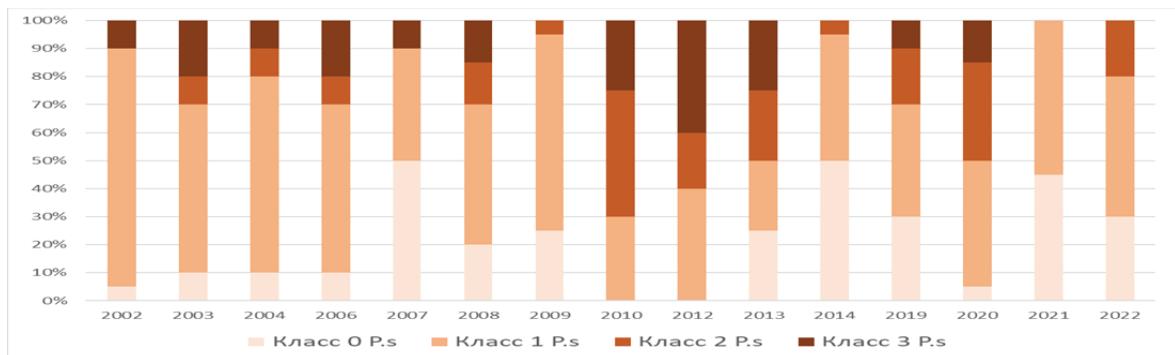


Рис. 2.3.2. Соотношение классов общего жизненного состояния (ОЖС) в древостое *Pinus sylvestris*

Расчёт масс-баланса тяжёлых металлов в ходе выполнения МСП КМ в пределах малого водосбора на территории Приокско-Террасного государственного природного биосферного заповедника проводился на площадках подпрограммы «Повреждение лесов». В работе рассчитывалось «поступление-вынос» тяжёлых металлов, оценка проводилась в соответствии с подходом, предложенным в Руководстве МСП КМ.

В ходе выполнения подпрограмм МСП КМ определение содержания тяжёлых металлов (свинца, кадмия и меди) в различных средах не проводится, в связи с чем дополнительно определялись концентрации тяжёлых металлов в пробах почв и растительности, а также осуществлялся сбор и обработка данных о содержании тяжёлых металлов, полученных на других сетях мониторинга (Комплексного фонового мониторинга, Международной совместной программы мониторинга и оценки дальних переносов атмосферных загрязняющих веществ в Европе (ЕМЕП)). Были рассчитаны поступления свинца, кадмия и меди с атмосферными осадками и воздухом, проведена оценка зависимости распределения тяжёлых металлов от глубины и микрорельефа (рис.2.3.3), рассчитан вынос загрязняющих веществ с поверхностными водами.

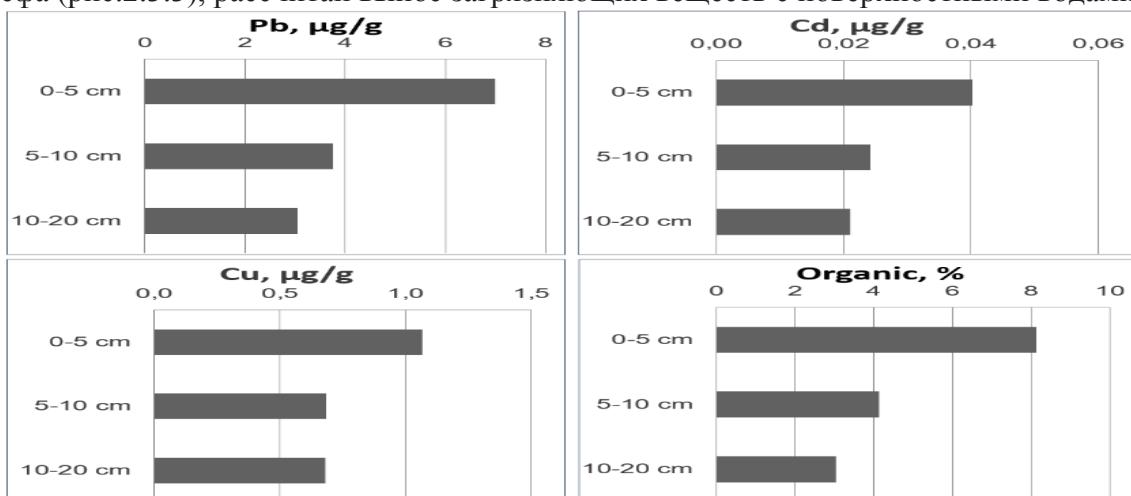


Рис. 2.3.3. Изменение содержания свинца, кадмия, меди и органического вещества по почвенному профилю

Кислотность исследуемых почв находилась в диапазоне от 4,43 до 5,57 рН, что позволяет отнести их к кислым, средняя рН для 1 площадки составила 5,05 и 4,90 для 2 площадки. Существует значимая ($p = 0.005$) корреляция между концентрациями тяжелых металлов и содержанием органического вещества. Между концентрациями тяжелых металлов и рН значимой корреляции не наблюдается. Корреляции между содержаниями свинца, кадмия и меди и содержанием органического вещества составили 0,82, 0,75 и 0,67 (по Спирмену) соответственно.

Распределение содержания тяжелых металлов по микрорельефу различалось для двух пробных площадок (рисунок 2.3.4). Для 1-ой площадки наблюдалось увеличение содержания свинца, кадмия и меди в слое 0-5 см в микропонижении. Для 2-ой площадки наблюдалось обратное – в верхних 0-5 см содержание тяжелых металлов на микроповышении было выше, чем в понижении. Такое же распределение наблюдалось для содержания органического вещества в почвах – количество органического вещества в микропонижении на 1-й площадке было в 2 раза выше, чем на микроповышении, а на 2-й площадке на микроповышении в 2 раза выше, чем в микропонижении.

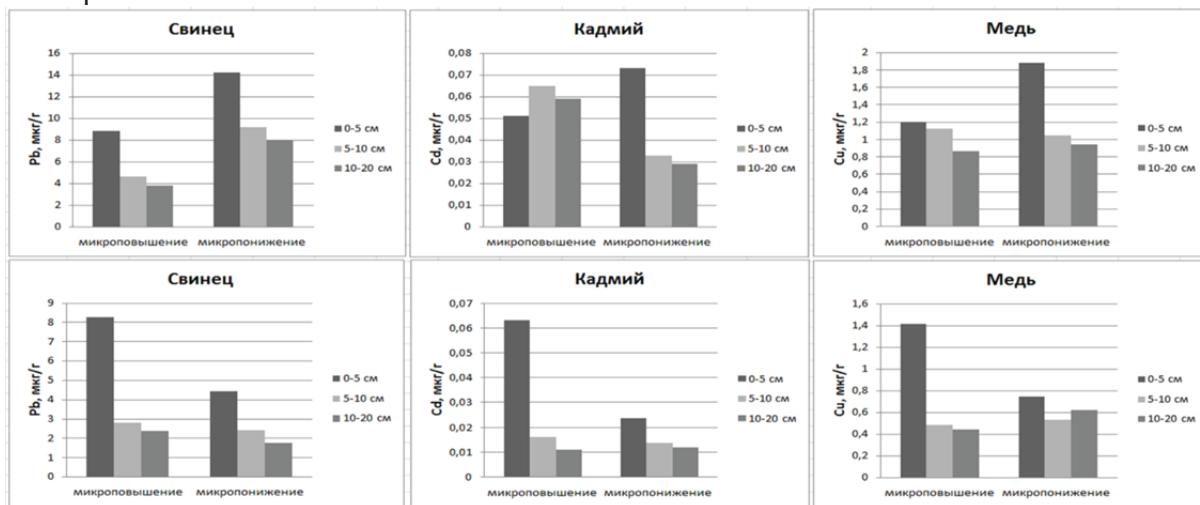


Рис. 2.3.4. Изменение содержания свинца, кадмия, меди в пределах двух площадок по макрорельефу (сверху – 1-ая площадка, внизу – 2-ая площадка)

Отдельно был отобран образец оторфованного горизонта на 2-й площадке с содержанием органики 70,6%. Исследованный образец показал наибольшее накопление тяжелых металлов в верхнем слое почвы по отношению к общему запасу в 0,-30 см – 74,4% свинца, 89,9% кадмия и 69,4% меди.

Несмотря на малое количество отобранных проб, можно предположить, что процессы иммобилизации тяжелых металлов органическим веществом превалируют как над их мобилизацией в кислой среде, так и над миграцией по микрорельефу под влиянием поверхностного стока.

Определения характера зависимости состояния крон древостоев от влагозапаса в почвах местообитаний, напрямую зависимого от количества осадков, на территории Центрально-Лесного государственного природного заповедника проводилось с использованием рядов многолетних измерений дефолиации и депигментации древостоев сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* и ели европейской *Picea abies*. Данные были получены в ходе выполнения подпрограммы МСП КМ «Повреждение леса» на территории заповедника за период 2008-2021 года (Рис.2.3.5 и 2.3.6). Использованы данные по суммам осадков за исследуемый период режимной метеостанции Росгидромета Торопец.

Методом корреляционного анализа выявлены взаимосвязи между параметрами состояния крон (дефолиации и депигментации) модельных древостоев и количеством осадков вегетационного сезона.

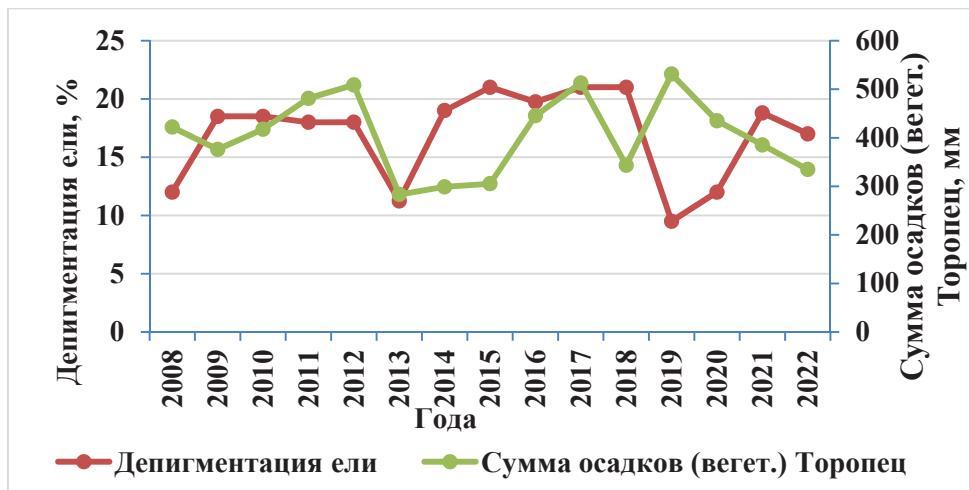


Рис. 2.3.5. Зависимость уровня дефолиации модельного древостоя ели европейской *P. abies* от суммы осадков вегетационного сезона.

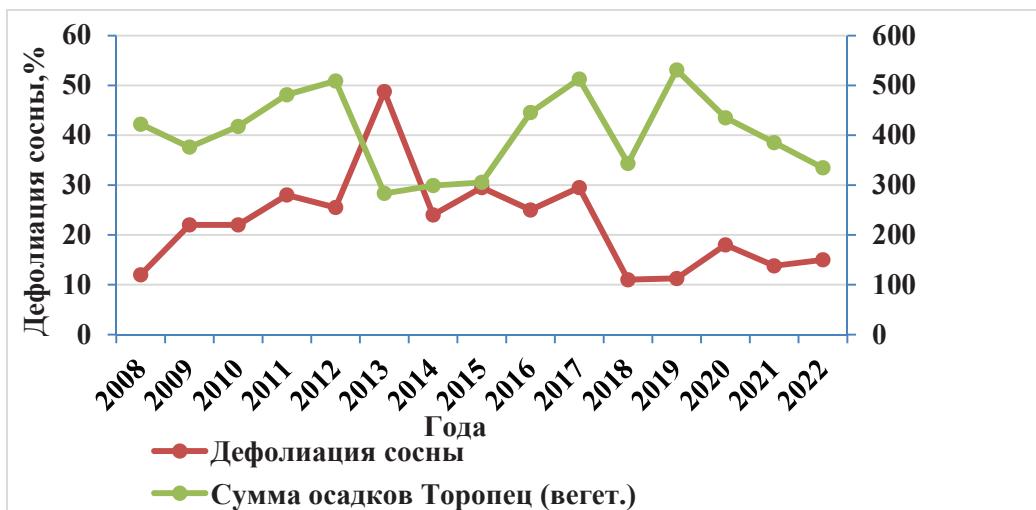


Рис. 2.3.6. Зависимость уровня дефолиации модельного древостоя сосны обыкновенной *P. sylvestris* от суммы осадков вегетационного сезона.

Получена значимая отрицательная зависимость уровня дефолиации крон ели европейской *P. Abies*, а также незначимая, но также отрицательная связь уровня дефолиации сосны обыкновенной *P. sylvestris* от количества осадков ($R = -0,36$, $R = -0,25$ соответственно). Сделан вывод, что при оценке воздействия трансграничного загрязнения на природные экосистемы необходимо учитывать влияние климатических факторов на фитоценозы.

3. ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ

3.1. Фоновые уровни загрязняющих веществ по данным сети СКФМ

Тяжелые металлы

В 2022 г. фоновое содержание ртути, свинца, кадмия в поверхностных водах большинства фоновых районов России соответствовало интервалам величин, наблюдавшихся в последние годы, и составило для ртути 0,06–1,68 мкг/л, свинца 0,11–1,25 мкг/л, кадмия 0,02–0,39 мкг/л. На Азиатской части России фоновые концентрации тяжелых металлов, как правило, ниже, чем на ЕЧР (табл. 2.29).

Для фонового уровня тяжелых металлов в поверхностных водах по данным сети СКФМ, в течение последних 10 лет сохраняется тенденция стабилизации их концентраций.

Таблица 2.29. Фоновое загрязнение поверхностных вод по данным сети КФМ

Заповедник	Период наблюдений	Свинец, мкг/л		Кадмий, мкг/л		Ртуть, мкг/л	
		Диапазон	2022 г.	Диапазон	2022 г.	Диапазон	2022 г.
Кавказский БЗ	1982-2022	0,2-16,0	1,25	0,004-2,5	0,20	0,03-40,0	0,42
Приокско-Террасный БЗ	1987-2022	нпо-39,4	0,11	0,03-3,5	0,03	0,03-8,7	0,37
Астраханский БЗ	1988-2022	0,08-128	0,73	0,1-413	0,39	0,01-74	0,85
Воронежский БЗ	1990-2022	0,16-50	0,86	0,01-4,6	0,02	0,06-2,75	1,68
Яйлю	2002-2022	0,01-3,6	0,21	0,01-1,7	0,02	0,01-0,44	0,06

3.2. Состояние, тенденции и динамика изменения фонового состояния поверхностных вод Российской Федерации. Данные станций гидрохимических наблюдений.

Бассейн Азовского моря

Вода р. Ворона в черте г. Уварово, характеризуемая в течение большинства предыдущих лет как «условно чистая» либо «слабо загрязненная», в 2020-2021 гг. ухудшилась, в 2022 г. – стабилизировалась на уровне «загрязненная». Несмотря на невысокое содержание загрязняющих веществ, находящихся в пределах ПДК или незначительно превышающих ПДК (нефтепродукты и соединения железа), общий комплекс загрязняющих веществ продолжает обуславливать негативное влияние на качество воды реки на уровне 3-го класса («загрязненная») (рис. 3.2.1).

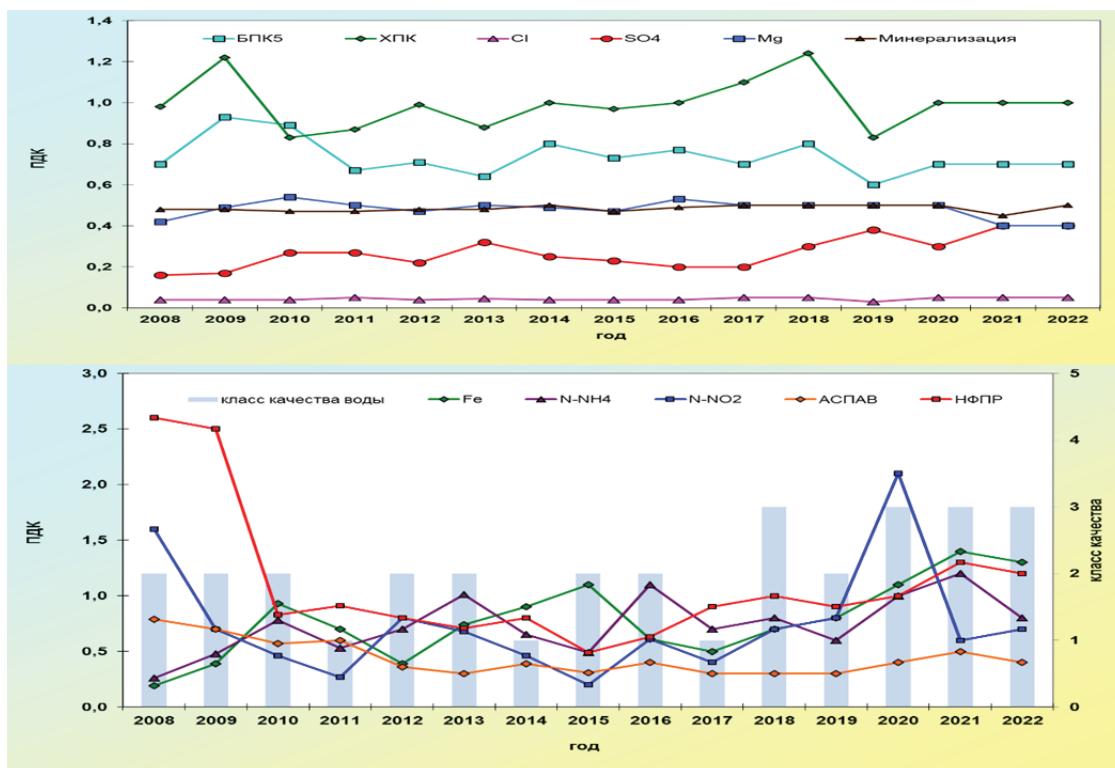


Рис. 3.2.1 Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качество воды р. Ворона в черте г. Уварово в многолетнем плане

Вода р. Лесной Воронеж выше г. Мичуринск в многолетнем плане колебалась в пределах «условно чистая» – «слабо загрязненная». В 2021-2022 гг. качество воды реки стабилизировалось на уровне «условно чистая». В 2022 г. по сравнению с 2021 г. среднегодовые концентрации определяемых веществ практически не изменились и были в основном ниже нормативных требований (рис. 3.2.2). Незначительно превышали ПДК концентрации соединений железа, органических веществ (по ХПК) в 50 % и аммонийного азота в 33 % отобранных проб воды.

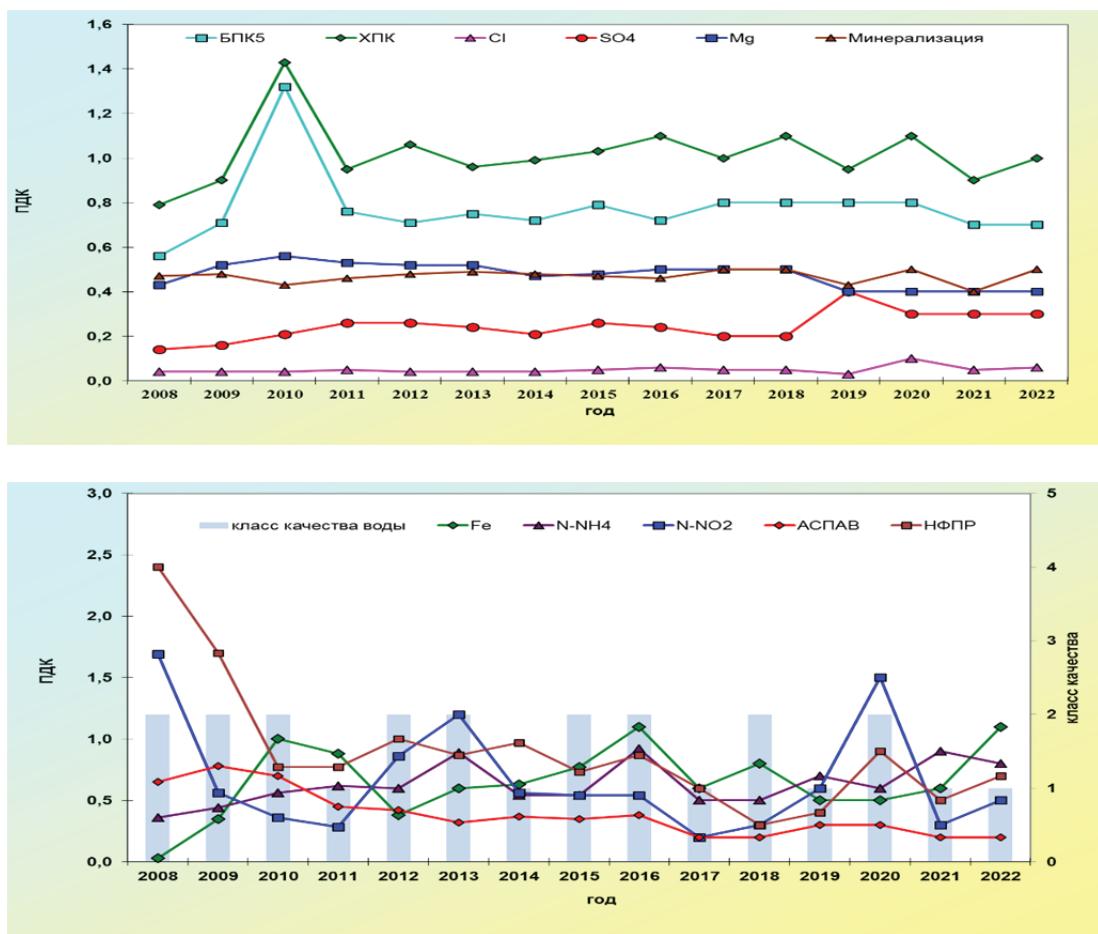
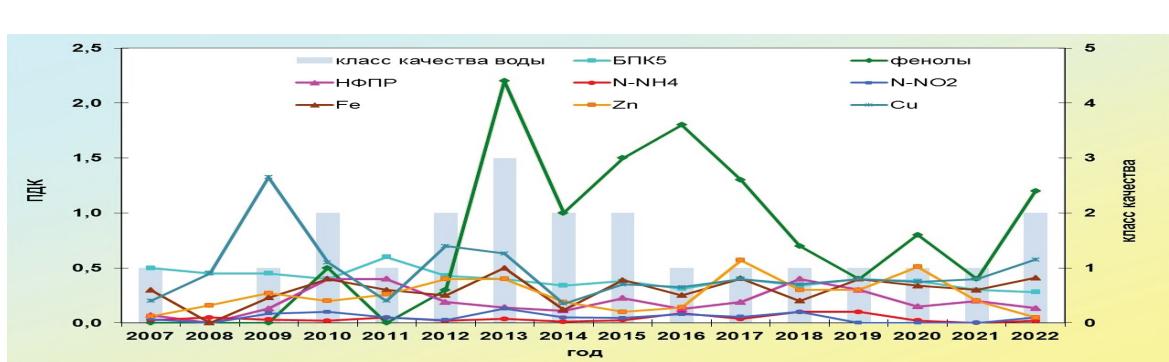


Рис. 3.2.2. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качество воды р. Лесной Воронеж выше г. Мицурино в многолетнем плане

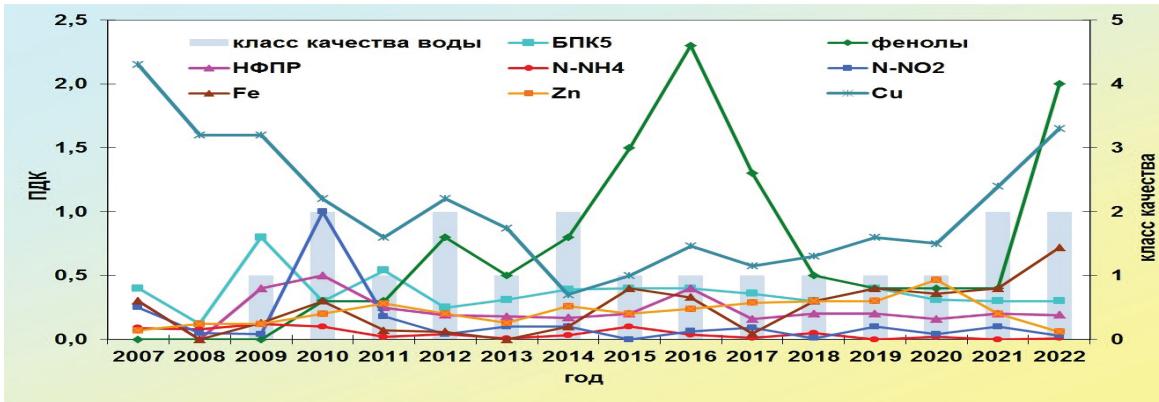
Бассейн Карского моря.

Притоки озера Байкал. В 2022 г. вода в устьевых участках 7 рек, выбранных в качестве фоновых (рр. **Большая Сухая, Мантуриха, Мысовка, Снежная, Выдрина, Утулик, Хара-Мурина**) оценивалась как «условно чистая». Качество воды рр. **Голоустная, Сарма** в 2022 г. незначительно ухудшилось по сравнению с 2017-2021 гг. и характеризовалось как «слабо загрязненная». Характерного уровня загрязненности воды (до 1 ПДК) достигали соединения меди. В воде обеих рек отмечали единичные случаи увеличения концентраций соединений железа и органических веществ (по ХПК). В течение 2021-2022 гг. вода р. **Бугульдейка** продолжала характеризоваться как «слабо загрязнённая». Характерными загрязняющими веществами воды реки являлись соединения меди и феноловы, среднегодовые концентрации которых не изменились, оставаясь на уровне 2 ПДК.

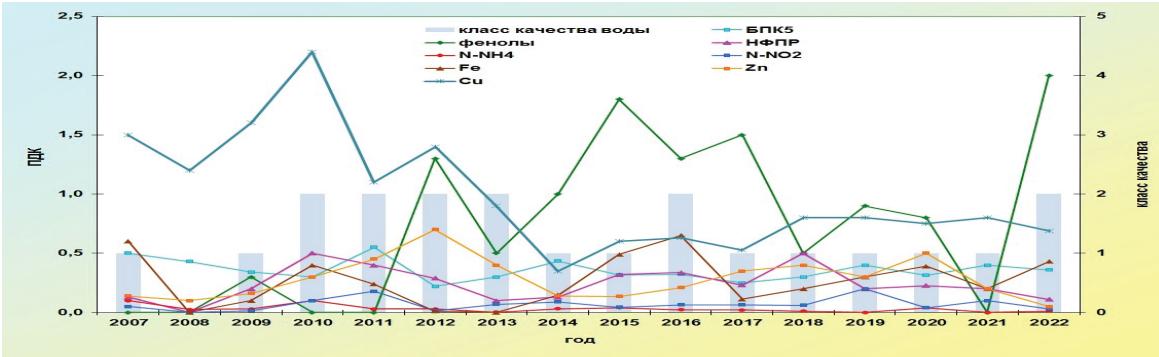
В воде р. **Мысовка** содержание фенолов носило устойчивый характер, достигая характерного уровня 2-3 ПДК в реках Бугульдейка, Сарма, Большая Сухая. В остальных реках, исключая р. Выдрина, отмечали единичные случаи содержания в воде фенолов до 2 ПДК.



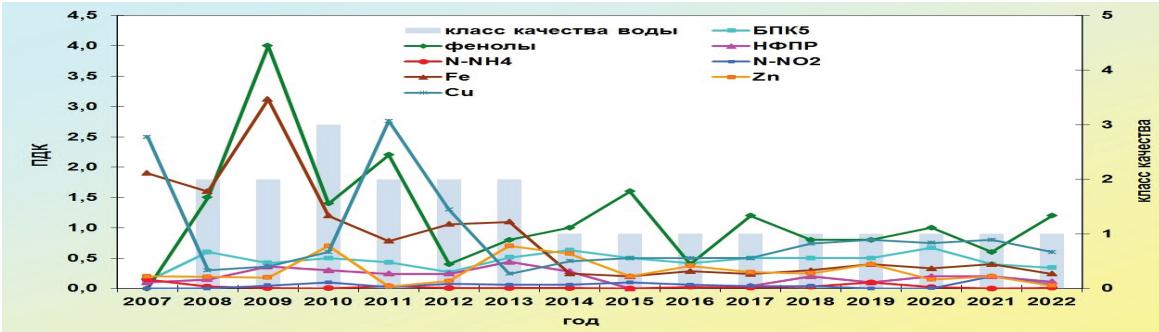
б)



б)



г)



д)

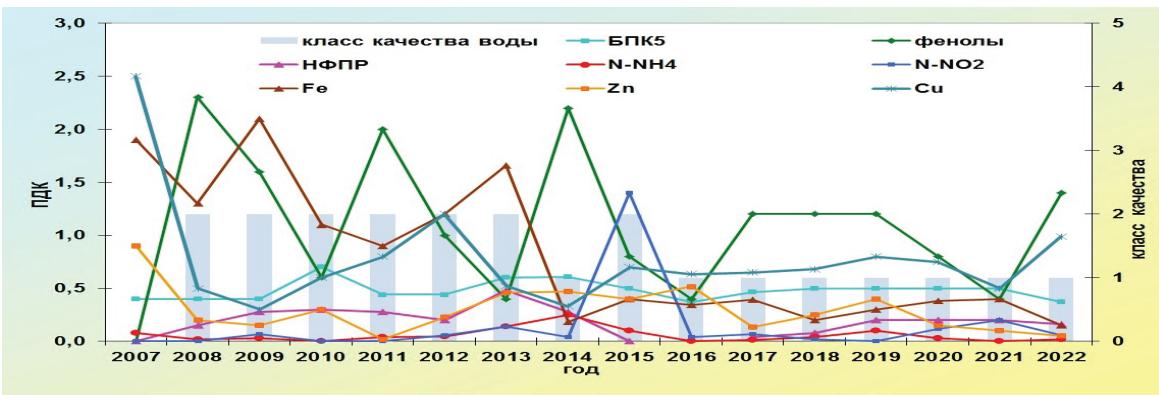


Рис. 3.2.3. Изменение среднегодовых концентраций отдельных загрязняющих веществ и качества воды притоков оз. Байкал: а) р. Голоустная, б) р. Бугульдейка, в) р. Сарма, г) р. Мантуриха, д) р. Мысовка в многолетнем плане

Вода Иркутского водохранилища в трех створах наблюдений (исток Ангары, п. Патроны, г. Иркутск) в 2022 г. оценивалась как «условно чистая» (рис. 3.2.4). В створах, кроме истока Ангары, характерного уровня загрязненности воды достигали фенолы, среднегодовые концентрации которых незначительно превышали ПДК.

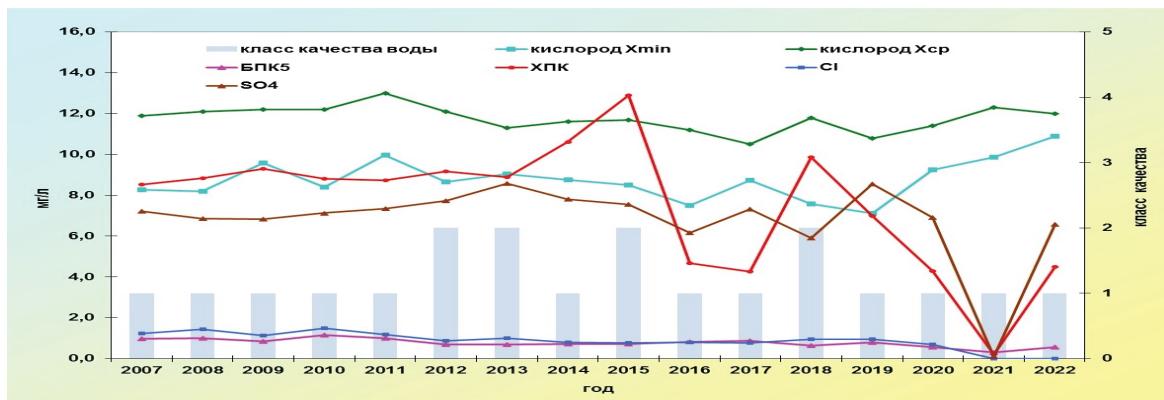


Рис. 3.2.4. Изменение среднегодовых концентраций отдельных загрязняющих веществ и показателей качества воды Иркутского водохранилища, ОГП-1, исток Ангары в многолетнем плане

Бассейн Восточно-Сибирского моря.

Река Лена. В многолетнем плане вода р. Лена в верхнем створе р.п. Качуг характеризуется как «слабо загрязненная», в отдельные годы - как «условно чистая». Хорошее качество воды р. Лена в створе р.п. Качуг обусловлено низким содержанием среднегодовых концентраций соединений железа, никеля, нитритного азота в пределах 1 ПДК (рис. 3.2.5).

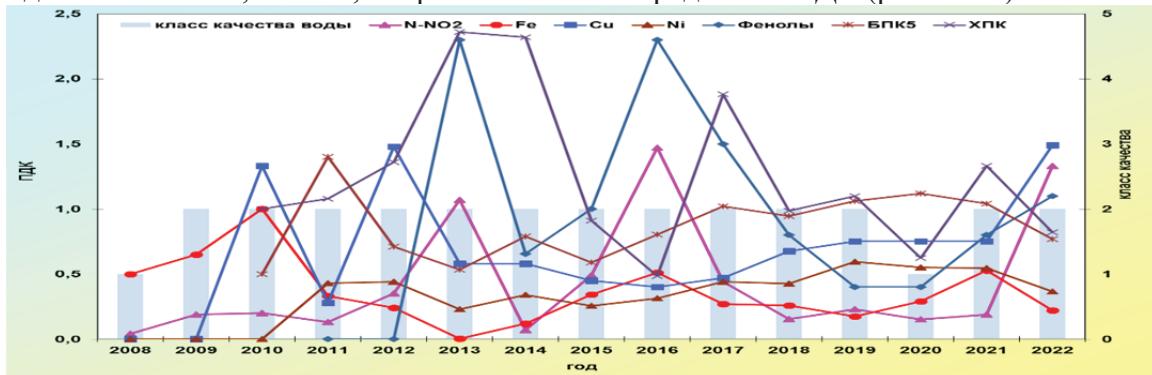


Рис. 3.2.5. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Лена, р.п. Качуг в многолетнем плане

Несмотря на невысокое среднегодовое содержание отдельных загрязняющих веществ в пределах 1-2 ПДК качество воды р. Лена в створе г. Усть-Кут ухудшилось в 2022 г. от уровня «слабо загрязненная» до уровня «загрязненная», за счет увеличения количества загрязняющих веществ от 3-х до 6-ти из 14, учтенных в комплексной оценке.

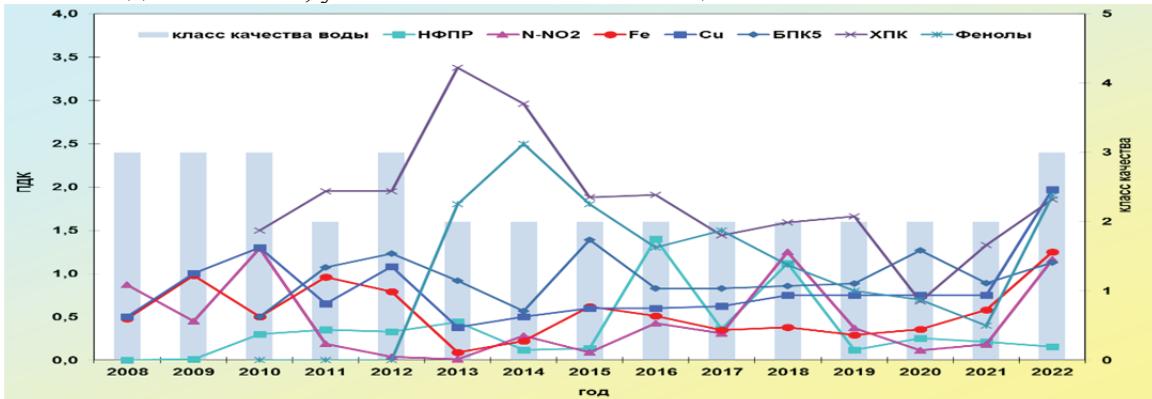


Рис. 3.2.6. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Лена, г. Усть-Кут в многолетнем плане

Бассейн Тихого океана.

В 2022 г. фоновый мониторинг загрязненности поверхностных вод бассейна Тихого океана проводился государственной наблюдательной сетью Росгидромета на о. Сахалин – ФГБУ «Сахалинское УГМС»; на полуострове Камчатка – ФГБУ «Камчатское УГМС».

Реки о. Сахалин. Многолетнее изучение динамики фонового загрязнения воды водных объектов на острове в 2022 г. продолжали на участках р. Рогатка, р. Правда, р. Лютога, р. Чеховка, р. Углегорка, р. Очепуха, где в течение многих лет отсутствовал организованный сброс производственных и хозяйствственно-бытовых сточных вод.

Река Рогатка относится к малым водным объектам бассейна р. Суся, протекающей по самой густонаселенной части о. Сахалин. Впадает в р. Красносельская. Фоновый пункт наблюдений на р. Рогатка установлен выше г. Южно-Сахалинск, выше плотины городского водохранилища. Организованный сброс сточных вод в р. Рогатка не осуществляется. Минерализация воды р. Рогатка в пункте г. Южно-Сахалинск в створе 0,8 км выше плотины водохранилища в течение 2022 г. колебалась от 48,1 мг/л до 92,0 мг/. Содержание взвешенных веществ варьировало в течение года в очень широком диапазоне от отсутствия до 213 мг/л, в среднем достигая 69,2 мг/л. Хорошим во все гидрологические периоды оставался режим растворенного в воде кислорода, содержание которого варьировало от 8,10 мг/л до 11,8 мг/л.

В течение 2022 г. в р. Рогатка не обнаруживали содержание в воде фенолов, нефтепродуктов, нитритного и аммонийного азота, фосфора фосфатов, АСПАВ, соединений никеля и свинца.

В каждой пробе воды р. Рогатка отмечали отклонение от нормативных требований по содержанию соединений меди; в единичных пробах случаи незначительного отклонения от нормативных требований соединений железа и цинка, органических веществ (по ХПК). Вода р. Рогатка в 2022 г. характеризовалась, как и многие годы ранее, «слабо загрязненной» (рис. 3.2.7).

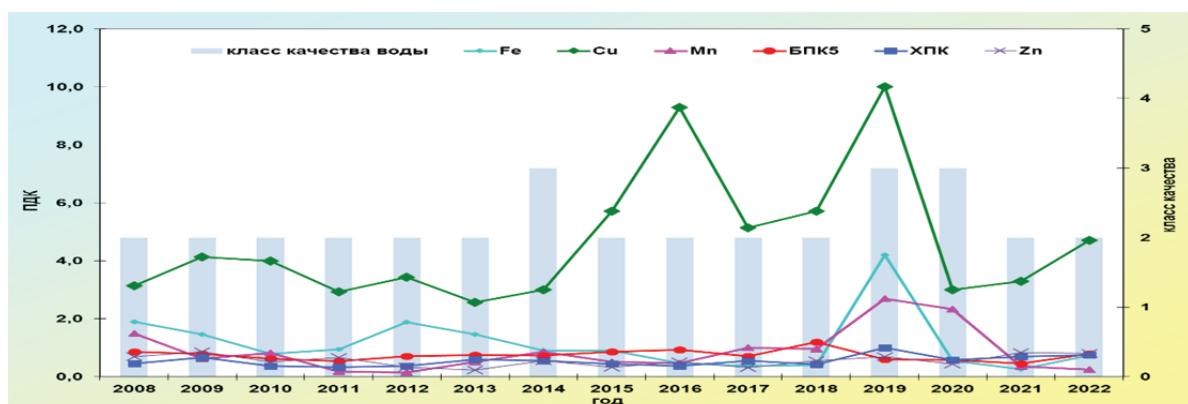


Рис. 3.2.7. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и показателей качества воды р. Рогатка в фоновом пункте г. Южно-Сахалинск за многолетний период

Река Правда относится к малым водным объектам о. Сахалин. Впадает в Татарский пролив. Фоновый створ наблюдений п. Правда расположен на расстоянии 1,7 км от устья реки, 1,2 км выше гидропоста.

В 2022 г., как и в предыдущие годы, в воде реки отсутствовали фенолы, нитритный, аммонийный и нитратный азот, соединения никеля; в 2020-2022 гг. заметно снизились до уровня нормативных требований концентрации соединений марганца (рис. 3.2.8).

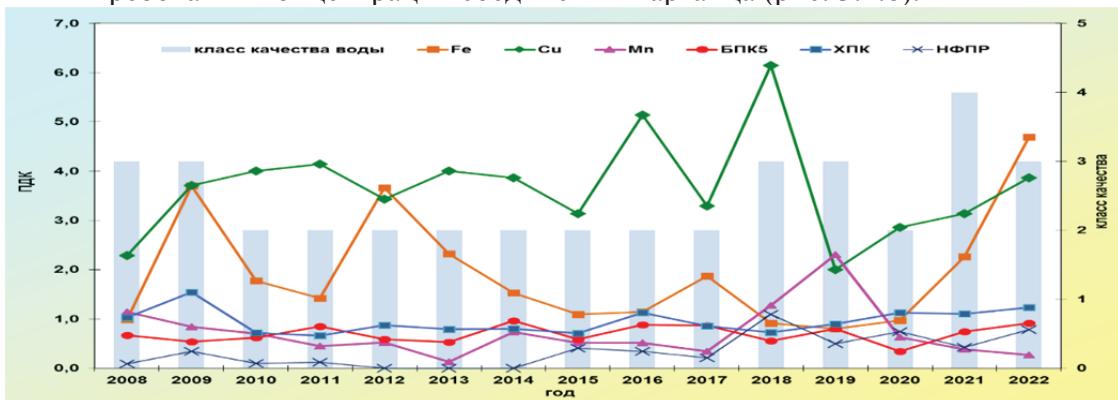


Рис. 3.2.8. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и показателей качества воды р. Правда, в фоновом пункте п. Правда

Периодически повышалось до уровня нормативных значений содержание в воде р. Правда органических веществ (по ХПК), максимальное значение достигало 31,0 мг/л. Начиная с 2020 г. отмечено незначительное увеличение концентраций в воде соединений железа, составившие в 2022 г. в единичной пробе 18 ПДК при среднегодовом значении 5 ПДК. С 2019 г. фиксировали тенденцию незначительного, но стабильно наблюдаемого увеличения концентраций в воде соединений меди, которые в 2022 г. составили в среднем 4 ПДК. С учетом комплекса присутствующих химических веществ вода р. Правда в фоновом пункте характеризуется 2-м классом качества («слабо загрязненная»).

Река Очепуха. Химический состав воды р. Очепуха в 2022 г. как и в 2021 г. соответствовал фоновому состоянию поверхностных вод о. Сахалин. В течение 2022 г. ни в одной пробе воды р. Очепуха не обнаруживали отклонение от нормативных требований по содержанию фенолов, нефтепродуктов, аммонийного и нитритного азота, соединений свинца, кадмия и других характерных для поверхностных вод о. Сахалин химических веществ. Характерным для р. Очепуха в 2022 г., как и в предыдущие годы, осталось невысокое, в среднем не выше 2 и 5 ПДК содержание соединений железа и меди. В 2022 г., как и в предыдущие годы, с учетом комплекса присутствующих в воде химических веществ вода реки характеризовалась как «слабо загрязненная».

Снижение в 2021 г. невысокого содержания химических веществ в воде р. Чеховка в створе наблюдений в черте г. Чехов прослеживалось и в 2022 г. Содержание органических веществ (по ХПК и БПК₅) соответствовало нормативному; отсутствовали единичные случаи превышения ПДК фенолами и нефтепродуктами, соединениями минерального азота, алюминия, цинка, кадмия. Режим растворенного в воде кислорода был хорошим. В единичных случаях незначительно возросли максимальные концентрации в воде р. Чеховка соединений железа до 11 ПДК, меди до 21 ПДК при среднегодовых значениях выше ПДК в 2 и 8 раз соответственно. Из 15, изучаемых веществ по 4 отмечали случаи нарушения нормативных требований. Вода р. Чеховка в районе г. Чехов в 2022 г., как и в 2021 г., характеризовалась как «слабо загрязненная».

Реки полуострова Камчатка. На полуострове Камчатка в фоновых створах гидрохимических наблюдений р. Камчатка, 0,8 км к северу от с. Пущино, р. Берш у с. Пущино, р. Большая Быстрая, 0,5 км выше с. Малки вода по качеству, в основном, соответствовала фоновому содержанию. Происходящие межгодовые изменения были незначительными.

В 2022 г. в р. Берш практически отсутствовала загрязненность воды нефтепродуктами, соединениями свинца, цинка и меди, соединениями минерального азота. Вода р. Берш в створе к западу от с. Пущино на фоновом участке 0,2 км выше впадения р. Кашкан по содержанию комплекса загрязняющих веществ в 2022 г. характеризовалась как «слабо загрязненная» (рис. 3.2.9).

Заключение

Большинство пунктов наблюдений на фоновых участках в многолетнем плане оцениваются водой хорошего качества как «условно чистая» или «слабо загрязненная», вместе с тем в 2022 г. ухудшилось качество р. Ворона, г. Уварово; р. Лена, г. Усть-Кут; р. Правда, п. Правда до уровня «загрязненная»; притоков Байкала – рек Голоустная и Сарма от уровня «условно чистая» до «уровня «слабо загрязненная».

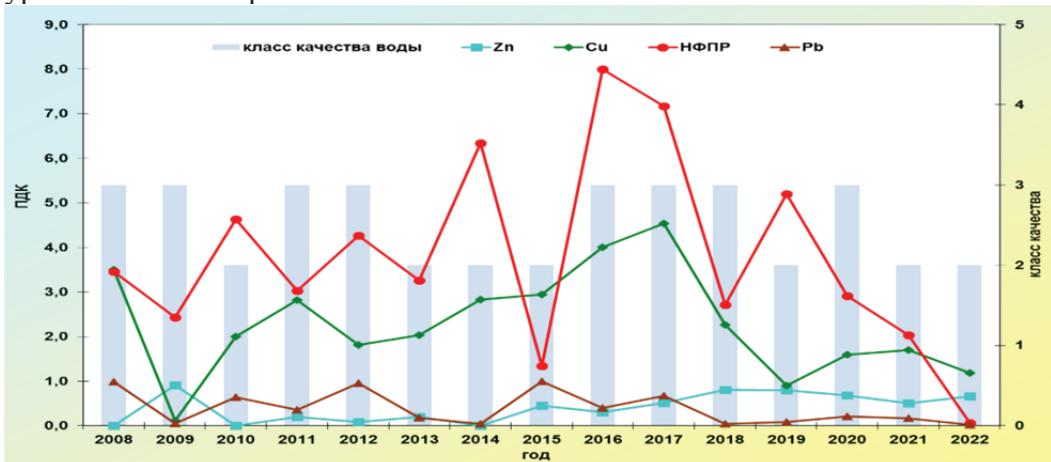


Рис. 3.2.9. Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и показателей качества воды р. Берш в пункте с. Пущино за многолетний период

3.3. Содержание основных кислотообразующих веществ в поверхностных водах на станциях мониторинга ЕАНЕТ

В районах расположения станций российской сети ЕАНЕТ на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока проводятся наблюдения по программе мониторинга химического состава поверхностных вод с целью получения данных для оценки воздействия кислотных выпадений на экосистемы водоемов и малых рек. Основные принципы организации наблюдений разработаны и реализуются с использованием опыта программ мониторинга воздействия кислотных выпадений на состояние смежных сред в рамках Конвенции ЕЭК ООН по трансграничному загрязнению воздуха (ICP-Waters, ICP-IM), региональных сетей мониторинга ряда стран, включая Россию, и долгосрочных исследовательских проектов в Европе и Японии.

На российской сети ЕАНЕТ долгосрочные наблюдения ведутся на двух водных объектах: р. Переемная - приток оз. Байкал, в регионе расположения станции атмосферного мониторинга ЕАНЕТ Листвянка; и р. Комаровка (приток р. Раздольная, бассейн Японского моря), на станции Приморская. Общие характеристики водотоков и их водосборных бассейнов приведены в Обзоре за 2011 г, в ежегодниках данных ЕАНЕТ (<https://monitoring.eanet.asia/document/public/index>) и 4-м Периодическом отчете о состоянии кислотных выпадений в Восточной Азии (2021).

В 2022 году в воде реки Комаровка продолжало наблюдаться повышенное, по сравнению со средними многолетними значениями, содержание катионов кальция. Среднее содержание сульфатов, нитратов, ионов аммония и магния составило меньше по сравнению со средними многолетними значениями. Для реки Переемная в целом было отмечено незначительное повышение уровня содержания сульфатов, нитратов, катионов кальция и магния (Табл. 3.3.1).

Табл. 3.3.1. Средние многолетние концентрации основных ионов и диапазон их изменений в поверхностных водах водотоков в районах станций ЕАНЕТ в 2007–2022гг.

Вещество (измеряемое соединение)	р. Комаровка (Приморье)			р. Переемная (бассейн оз. Байкал)		
	Среднее		Диапазон измерений (2007-2022)	Среднее		Диапазон измерений (2007-2022)
	многолетнее	2022 г		многолетнее	2022 г	
pH	6,96	7,28	6,35 - 8,40	6,73	6,87	6,41 - 7,21
SO ₄ ²⁻ , мг/л	11,82	8,35	3,57 - 25,23	11,21	12,71	6,37 - 15,44
NO ₃ ⁻ , мг/л	1,78	0,44	0,04 - 6,15	0,73	0,93	0,18 - 1,50
NH ₄ ⁺ , мг/л	0,17	0,08	0,01 - 1,03	0,02	0,007	нпо - 0,25
Ca ²⁺ , мг/л	8,89	9,49	5,20 - 25,67	4,79	5,12	2,97 - 6,32
Mg ²⁺ , мг/л	2,24	1,97	0,60 - 7,10	0,89	1,03	0,50 - 1,34
NO ₂ ⁻ , мг/л	0,03	0,03	нпо - 0,12	0,002	0,002	нпо - 0,01

нпо - результаты измерения ниже предела обнаружения, установленного методиками измерений.

Кислотность поверхностных вод

За весь период наблюдений среднегодовые значения величины pH воды в р. Переемной изменились от 6,59 до 6,88, при среднем многолетнем 6,73 и вариациях разовых измерений от 6,41 до 7,21 ед. pH. В сезонном ходе наиболее высокие значения наблюдаются летом: среднее за многолетний период 7,0. Среднее значение pH для зимы около 6,7, наиболее низкие значения наблюдались весной.

В Приморье в водах р. Комаровка в 2022 году продолжилась тенденция увеличения щелочности, значения колебались от 6,87 до 7,90 ед. pH. Среднее за год составило 7,28, что значительно выше среднего значения за период наблюдения 2007–2022 гг. Для р. Комаровки не наблюдается значительных различий величины pH между сезонами, тем не менее, как правило, характерен рост значений pH от зимы к осени.

По результатам наблюдений в 2022 г. продолжается отмеченная ранее тенденция сохранения в среднем примерно одинакового уровня и вариации значений кислотности для р. Переемная (рис.3.3.1). При регистрируемых значительных межгодовых колебаний для надёжного определения количественных характеристик долговременных изменений кислотности продолжается накопление длительных рядов измерений, а также поиск методов специализированных детальных расчётов.

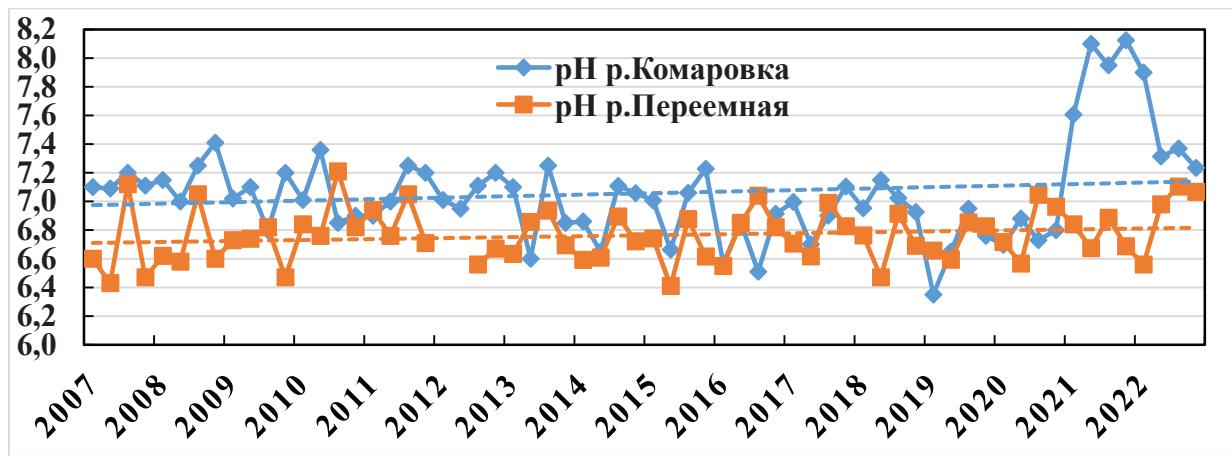


Рис.3.3.1 Тенденции изменения pH в поверхностных водах на станциях ЕАНЕТ в Приморье (р. Комаровка) и в районе оз. Байкал (р. Переемная).

Содержание сульфатов

В 2022 году среднегодовое содержание сульфатов в воде р. Комаровка составило 8,35 мг/л, при этом в течение года значения изменялись от 7,27 до 11,4 мг/л. Для р. Переемной среднегодовая концентрация составила 12,7 мг/л (Таблица 3.3.1), что выше среднего значения за период наблюдения 2007–2022 гг.; интервал изменений составил от 7,96 до 15,4 мг/л.

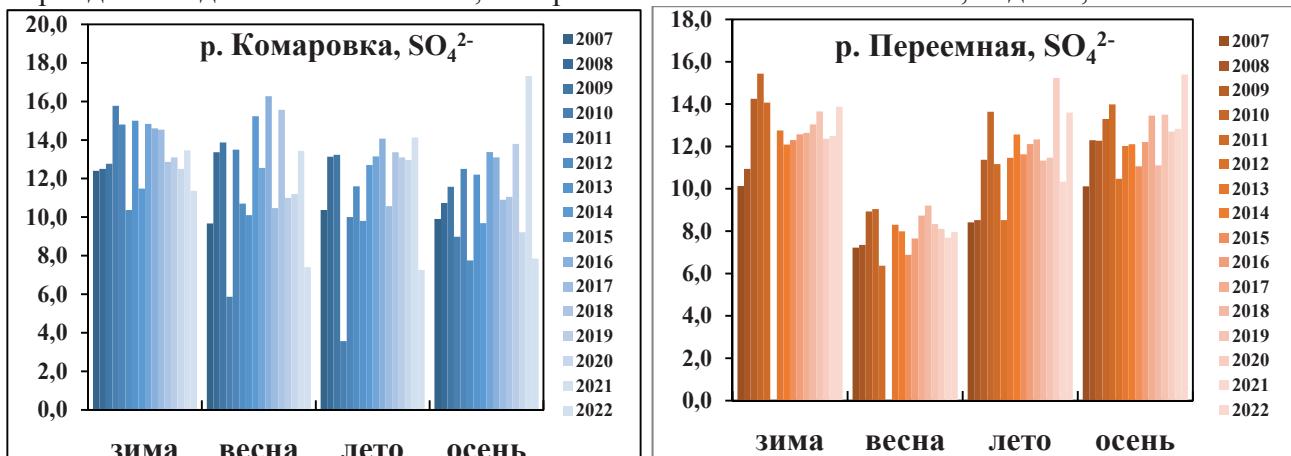


Рис.3.3.2 Сезонные изменения концентраций сульфатов (мг/л) в водах р. Комаровка (слева) и р. Переемная (справа) в 2007–2022гг.

В годовом ходе концентраций для р. Комаровка отсутствуют ежегодное повторение сезонов с минимальным значением, тогда как для р. Переемной можно отметить выраженное уменьшение концентраций в весенние месяцы. За весь период 2007–2022 гг. абсолютные минимальные измеренные значения составили 3,57 для реки Комаровка (в летний период 2010 года) и 6,37 мг/л для реки Переемная (в весенний период 2011 года). Абсолютные максимальные измеренные значения составили 25,23 для реки Комаровка (в осенний период 2021 года) и более 15 мг/л для реки Переемная (в весенний период 2010 года, летом 2020 г. и осенью 2022 г.) (рис. 3.3.2).

Содержание нитратов

В 2022 году среднегодовое содержание нитратов для р. Комаровка снизилось по сравнению с прошлым годом и составило 0,44 мг/л, это ниже уровня среднемноголетних значений. Для р. Переемная среднегодовое значение повысилось и составило 0,93 мг/л. Средние многолетние значения концентраций нитратов в р. Комаровка и в р. Переемная составляют 1,78 и 0,73 мг/л, соответственно. В целом интервал измеренных концентраций в р. Комаровка составляет от 0,04 мг/л до 6,15 мг/л, что значительно больше, чем для р. Переемная (от 0,18 до 1,50 мг/л). В годовом ходе для р. Переемная явно прослеживается закономерность снижения концентрации в летне-осенний период; для р. Комаровка отсутствуют чёткие закономерности, тем не менее, в

некоторые годы прослеживается снижение содержания нитратов в летний и осенний сезоны (рис. 3.3.3).

По результатам измерений в 2007–2022 гг. для р. Переемная отмечается тенденция незначительного понижения содержания нитратов. Для р. Комаровки наблюдавшийся до 2019 г. восходящий тренд содержания нитратов в воде сменяется нисходящим вследствие уменьшения концентраций нитратов в течение 3 последних лет (рис.3.3.4), однако устойчивость смены требует подтверждения дальнейшими наблюдениями.

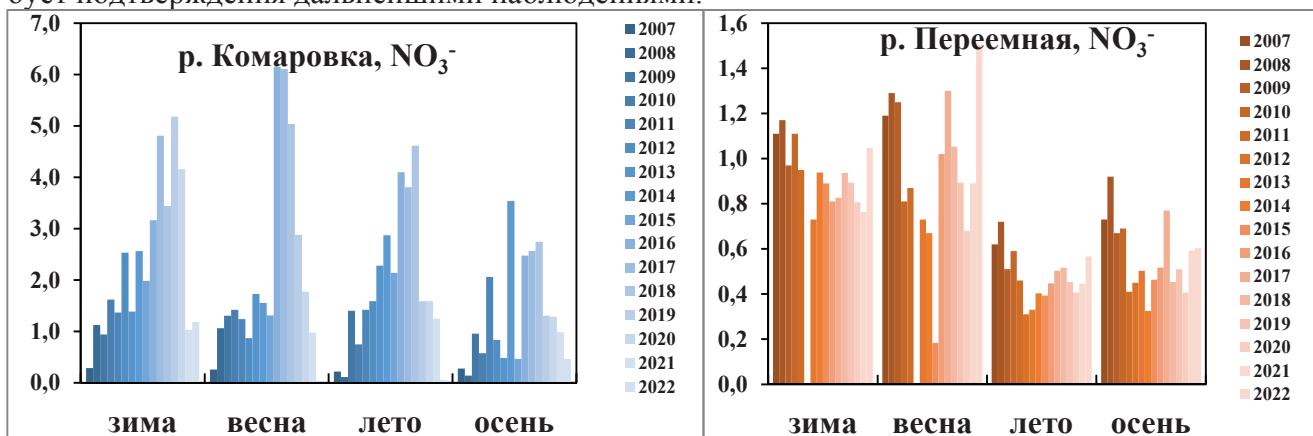


Рис.3.3.3 Внутригодовые изменения концентраций нитратов (мг/л) в р. Комаровка (слева) и р. Переемная (справа) в 2007-2022гг.



Рис.3.3.4 Тенденции изменения концентраций нитратов (мг/л) в поверхностных водах на станциях ЕАНЕТ в Приморье (р. Комаровка) и в районе оз. Байкал (р. Переемная).

Основные катионы

Среднее содержание ионов кальция, являющегося преобладающим из катионов, для р. Комаровка в 2022 году составило 9,49 мг/л, при среднем многолетнем 8,89 мг/л. Содержание магния составило 1,97 мг/л, при среднем многолетнем 2,24 мг/л. Для р. Переемная среднее содержание ионов кальция и магния составило 5,12 мг/л и 1,03 мг/л, соответственно, что незначительно отличается от средних многолетних значений: 4,79 мг/л для кальция и 0,89 мг/л для магния. В целом, уровни концентраций ионов кальция и магния в воде р. Комаровка значительно выше, чем в р. Переемная.

В 2022 году продолжилась тенденция на увеличение содержания ионов кальция в воде р. Комаровка (рис. 3.3.5). Колебания значений в течение года составили от 8,13 мг/л до 10,97 мг/л. Среднегодовое содержание кальция в воде р. Переемная в 2022 г. было немного выше среднего многолетнего значения и составило 5,12 мг/л при колебаниях концентраций в течение года от 4,06 мг/л до 5,65 мг/л.

Среднее содержание ионов магния в водах р. Комаровки в 2022 году составило 1,97 мг/л, это ниже среднего многолетнего (2,24 мг/л). Внутригодовые колебания концентраций составили от

0,80 мг/л до 2,77 мг/л. Среднегодовое содержание ионов магния в воде р. Переемная было характерным для уровней последних лет (рис. 3.3.6) и составило 1,03 мг/л, что немного выше среднего многолетнего 0,89 мг/л, при внутригодовых колебаниях концентраций от 0,70 мг/л до 1,20 мг/л.

Содержание аммония в водах р. Комаровка в 2022 году было ниже среднего многолетнего, в течение года концентрации колебались от 0,038 мг/л до 0,123 мг/л (рис. 3.3.7). В водах р. Переемная среднегодовое значение концентраций NH_4^+ также было ниже, чем среднее многолетнее значение.

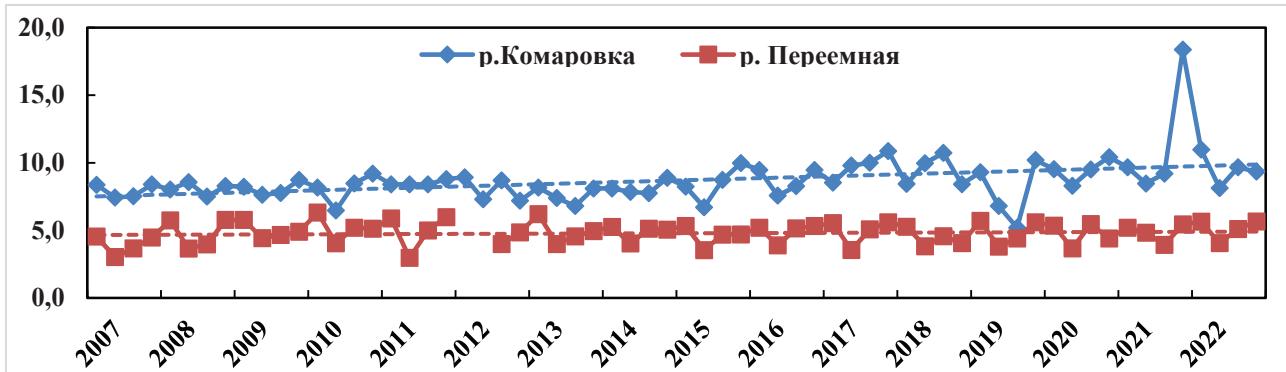


Рис.3.3.5 Изменения концентраций кальция (мг/л) в поверхностных водах на станциях ЕАНЕТ в Приморье (р. Комаровка) и в районе оз. Байкал

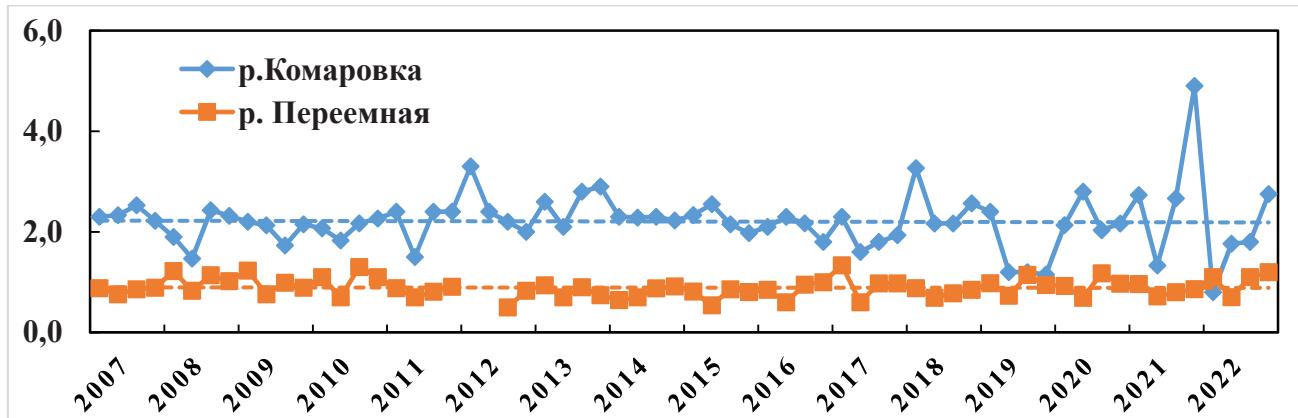


Рис.3.3.6 Изменения концентраций магния (мг/л) в поверхностных водах на станциях ЕАНЕТ в Приморье (р. Комаровка) и в районе оз. Байкал

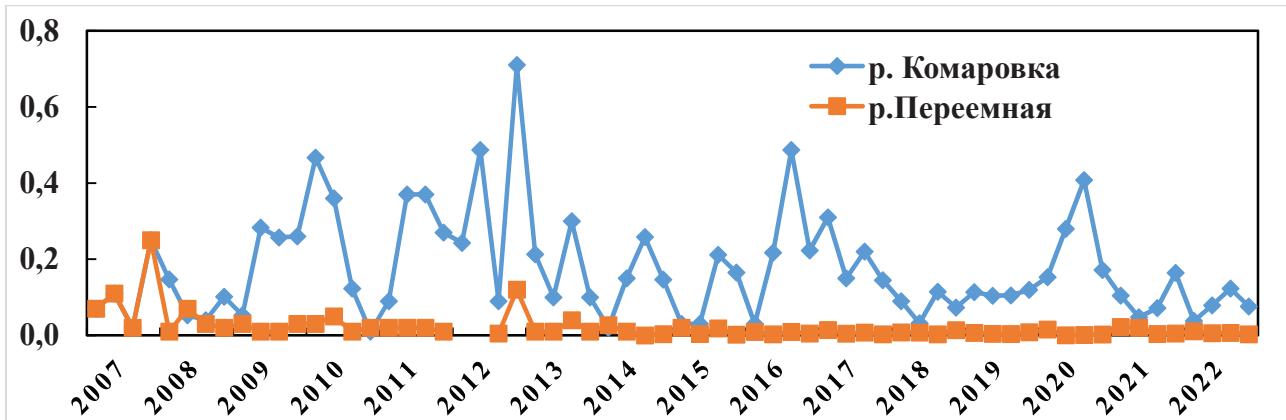


Рис.3.3.7 Изменения концентраций аммония (мг/л) в поверхностных водах на станциях ЕАНЕТ в Приморье (р. Комаровка) и в районе оз. Байкал

Соотношения основных анионов и катионов

При анализе совмещённых годовых ходов концентраций кальция и сульфатов можно отметить, что содержание сульфатов в целом более высокое, чем кальция, однако начиная с осени

2021 года содержание сульфатов в р. Комаровка стало ниже содержания кальция. Как отмечалось ранее, уровень концентраций нитратов в водах реки существенно ниже концентраций кальция и сульфатов (рис. 3.3.8 вверху).

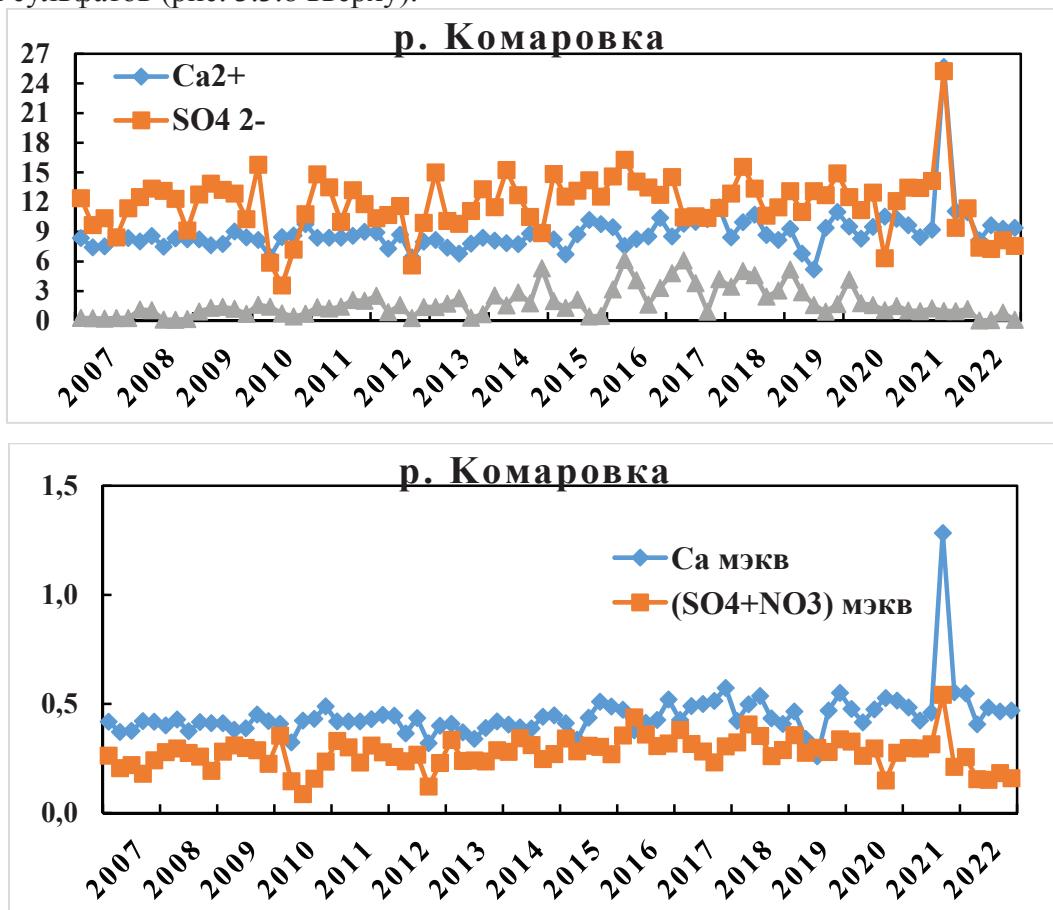


Рис.3.3.8 Динамика согласованного изменения сульфатов, нитратов и кальция (верхний, мг/л), и их эквивалентов (нижний, мэкв/л) в поверхностных водах на станции ЕАНЕТ Приморская в 2007–2022гг.

Минимальные и максимальные значения основных анионов и кальция, выраженные в эквивалентной форме (для прослеживания их роли в формировании кислотно-щелочной реакции воды), наблюдаются практически в одни и те же периоды (за исключением, например, резкого увеличения содержания суммы главных анионов в апреле 2016 г., а также уменьшения суммы анионов в сентябре 2017 г. и 2020 г.). Для р. Комаровка содержание кальция (в эквивалентных единицах) практически всегда примерно в 1,5-2 раза выше, чем общее содержание сульфатов и нитратов (за исключением 2022 г., когда содержание кальция в эквивалентных единицах было больше весной примерно в 2,7 раза, летом в 3,2 раза, осенью в 2,8 раза), что обеспечивает близкий к нейтральному pH поверхностных вод в малых реках Приморья (рис. 3.3.8).

Как и в предыдущие годы, в 2022 году в водах р. Переемная преобладающими анионами были сульфаты, а катионами – кальций, при этом сульфаты, по массовым концентрациям, также всегда превышают содержание кальция (рис. 3.3.9). Уровень концентраций нитратов в водах р. Переемная также существенно ниже концентраций кальция и сульфатов.

В течение 2022 года отношение кальция к сумме ионов сульфатов и нитратов (в экв) составляло чуть меньше 1,0. Такое соотношение данных веществ, характерное для вод р. Переемная, является причиной низкой буферной способности к нейтрализации кислотных компонентов. Вода реки оценивается как крайне неустойчивая к закислению.

В целом по результатам фоновых наблюдений за содержанием химических веществ в поверхностных водах в районах станций сети ЕАНЕТ, в 2022 году в р. Комаровка (Приморье) содержание основных ионов (SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , Mg^{2+}) уменьшилось и стало ниже средних многолетних значений. Содержание катионов кальция также снизилось, однако осталось выше

среднего многолетнего значения. В водах р. Комаровка в 2022 году продолжилась тенденция увеличения щелочности. Для реки Переемная было выявлено незначительное повышение уровня содержания сульфатов, нитратов, катионов кальция и магния. Сохраняется примерно одинаковый уровень и вариации значений кислотности за период наблюдения 2007–2022 гг.

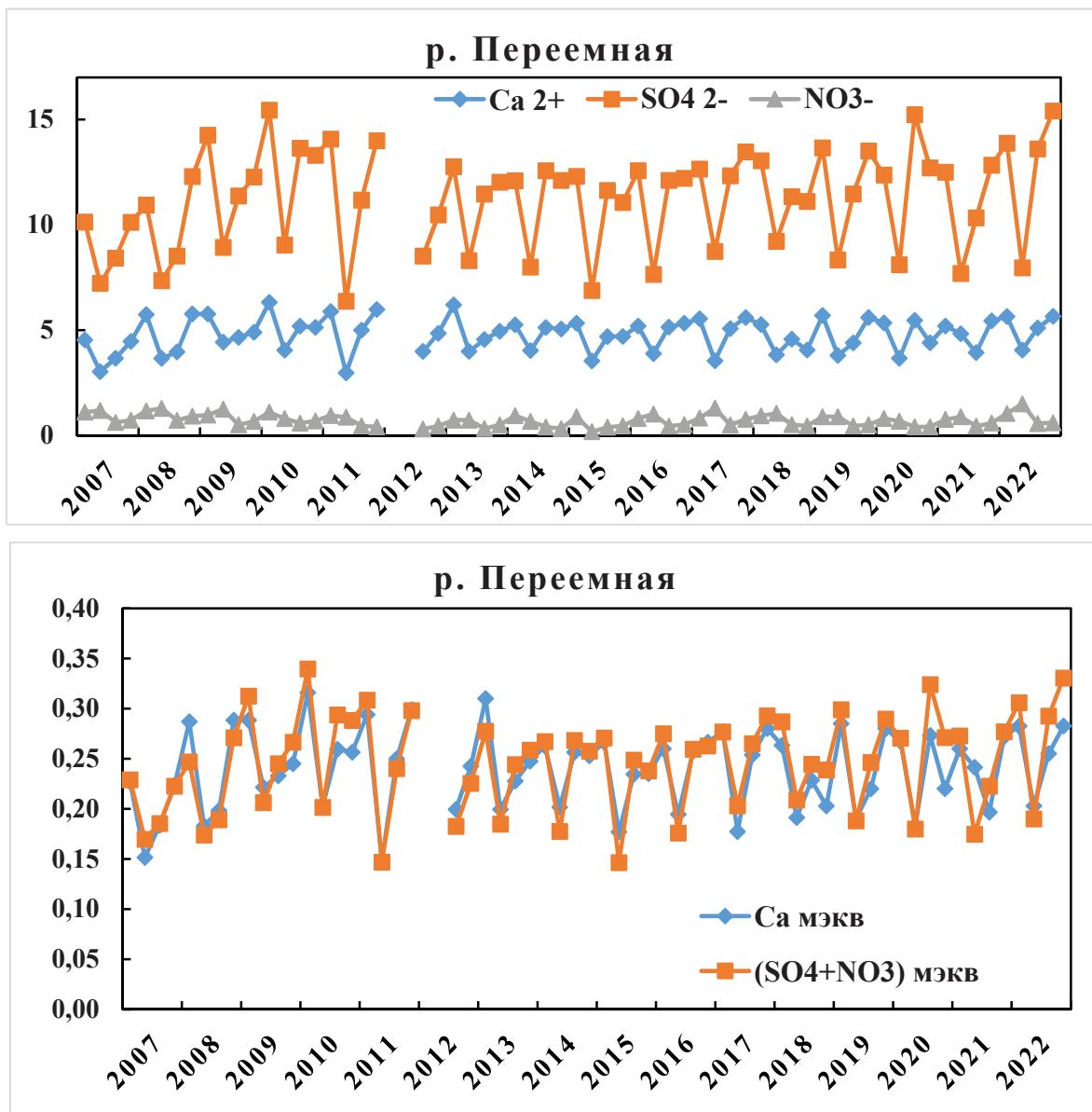


Рис.3.3.9 Динамика согласованного изменения сульфатов, нитратов и кальция (верхний, мг/л), и их эквивалентов (нижний, мэкв/л) в поверхностных водах р. Переемная в 2007–2022 гг.

3.4. Фоновое состояние пресноводных экосистем по гидробиологическим показателям

В 2022 г. фоновые гидробиологические наблюдения осуществлялись на 12 водных объектах, которые соответствуют концепции фоновых участков, из них 8 участков расположены на территории 4 государственных природных, в том числе биосферных заповедников и их охранных зонах: Большехехирский, Жигулевский, Лапландский, «Усть-Ленский». В рамках инспекционной проверки Дальневосточного и Приморского УГМС, сотрудниками ФГБУ ИГКЭ были обследованы водные объекты р. Манома в национальном парке «Ануйский» (Дальневосточное УГМС) и оз. Ханка – государственный природный биосферный заповедник «Ханкайский» (Приморское УГМС) на возможность использования этих водных объектов в качестве фоновых для действующих региональных сетей гидробиологического мониторинга.

Оценка качества вод и состояния экосистем произведены на основании данных о численности и биомассе гидробионтов, видовом биоразнообразии, соотношении различных групп гидробионтов, массовых видов и наличии видов-индикаторов загрязнения, которые были использованы для расчета индекса сапробности (далее – ИС) и биотического индекса Вудивисса (далее – БИ), значения которых отражают уровень сапробности и степень загрязнения водного объекта.

Баренцевский гидрографический район

Наблюдения в 2022 г. проводились на фоновых участках 4 рек.

Бассейн реки Туломы: р. Лотта (п. Светлый, устье). Фитопланктон реки Лотты в период наблюдений в 2022 г. включал 33 вида и вариетета (в 2021 г. отмечено 32 вида). Наибольшее число видов принадлежало к отделу диатомовых водорослей (*Bacillariophyta*) – 11 видов, харовые водоросли (*Charophyta*) были представлены 8 видами, зеленые (*Chlorophyta*) – 6, к золотистым (*Chrysophyta*) и синезеленым (*Cyanophyta*) водорослям относилось по 3 вида, к пирофитовым (*Rugophyta*) – 2 вида. Среди видов-индикаторов преобладали ксено- и олигосапробионты.

Видовое богатство зоопланктона реки представлено 16 видами (в 2021 г. – 22 вида, в 2020 г. – 19 видов). Основу видового разнообразия формировали коловратки (*Rotifera*) – 12 видов, ветвистоусые раки (*Cladocera*) представлены 4 видами. Веслоногие раки (*Copepoda*) представлены исключительно неполовозрелыми стадиями. В июне в составе зоопланктона доминировали коловратки, в частности, индикаторы олигосапробных-бетта-мезосапробных зон. В августе возрастала роль ветвистоусых, особенно, олигосапробионтов.

Динамика ИС по показателям фитопланктона и зоопланктона в наблюданной акватории реки Лотты свидетельствует об отсутствии загрязнения водного объекта (Рис. 3.4.1).

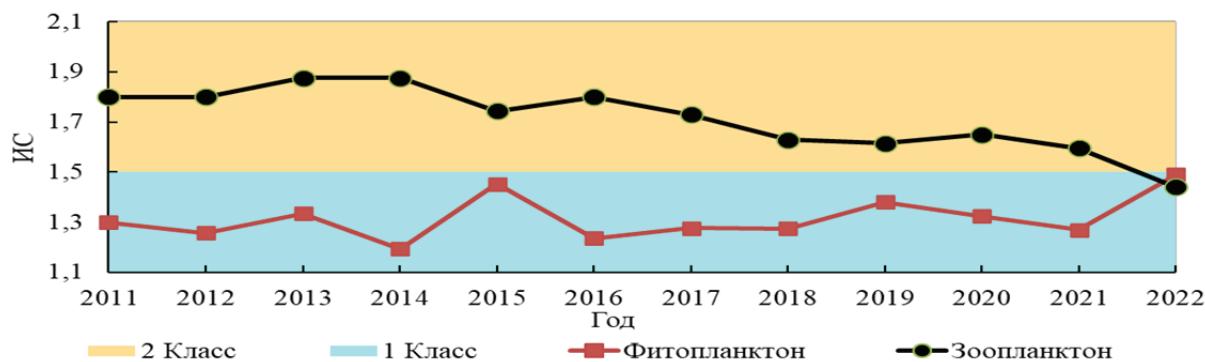


Рис. 3.4.1. Значения ИС в 2011–2022 гг., р. Лотта

Зообентос реки Лотты в 2022 г. сформирован всего 3 видами беспозвоночных животных: 1 представитель комаров-звонцов (*Chironomidae*) и 2 вида малощетинковых червей (*Oligochaeta*) (в 2021 г. – 9, в 2020 г. – 11, в 2018 г. – 18). Все встреченные виды являются видами-индикаторами бетта-альфамезосапробной (личинки комаров-звонцов) либо полисапробной (малощетинковые черви) зон.

На основании проведенных наблюдений по гидробиологическим показателям можно заключить, что экосистема реки Лотты находится в состоянии экологического благополучия с элементами антропогенного экологического напряжения в придонной части.

Бассейн реки Колы: р. Кица (ст. Лопарская, устье). Фитопланктон реки Кицы был представлен 23 видами и вариететами в составе 5 отделов. Наибольшее число видов принадлежало отделу диатомовых водорослей (*Bacillariophyta*) – 13, харовые (*Charophyta*) насчитывали 5 видов, синезеленые (*Cyanophyta*) и пирофитовые (*Pyrrophyta*) – по 2 вида, а зеленые водоросли (*Chlorophyta*) были представлены единственным видом. В июне по численности в составе фитопланктона преобладали диатомовые водоросли. К августу по численности доминировали синезеленые. Биомасса фитопланктона была сформирована крупноклеточными пирофитовыми водорослями.

Зоопланктон реки Кицы включал 20 видов беспозвоночных (в 2021 г. – 18), в том числе: 14 видов коловраток (*Rotifera*) и 6 представителей ветвистоусых раков (*Cladocera*). Веслоногие раки (*Copepoda*) в период проведения наблюдений были представлены исключительно науплиальными и копеподитными стадиями.

Многолетняя динамика ИС по показателям фитопланктона и зоопланктона в наблюдаемой акватории реки Кицы характеризуется незначительными флюктуациями в районе средних многолетних значений, при этом ИС по показателям фитопланктона показывает более высокий класс качества вод (Рис.).

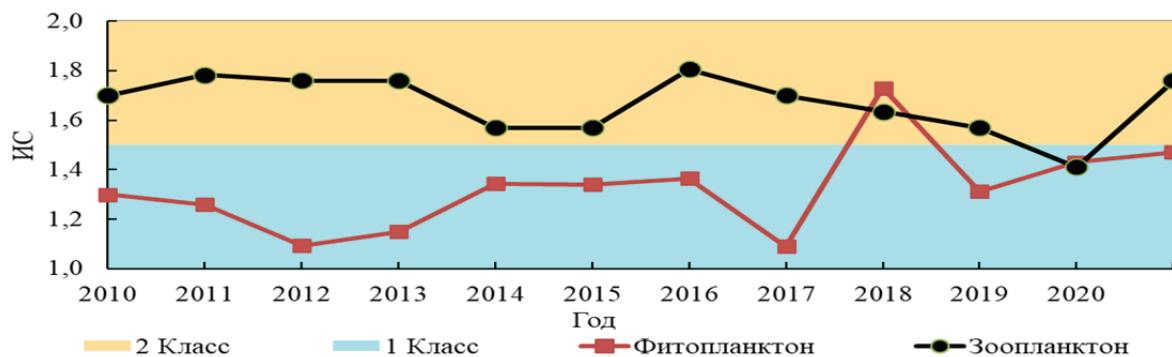


Рис. 3.4.2. Значения ИС в 2011–2022 гг., р. Кица

В составе зообентоса реки отмечено 6 видов (в 2020 г. – 18 видов, в 2021 г. – 22), относящихся к 3 крупным систематическим группам: малощетинковые черви (*Oligochaeta*, 3 вида), комары-звонцы (*Chironomidae*, 2 вида) и мокрецы (*Seratopogonidae*, 1 вид). В августе основу количественных показателей зообентоса формировали олигохеты. Состояние зообентоса указывает на наличие антропогенного загрязнения.

Экосистема реки Кицы по гидробиологическим показателям находится в состоянии экологического благополучия с элементами антропогенного экологического напряжения.

Лапландский биосферный заповедник. На территории биосферного заповедника находится оз. Чунозеро, а также р. Витте в его охранной зоне. Гидробиологические наблюдения на створах за пределами границ заповедника проводились с июня по сентябрь.

В устье р. Вите фитопланктон включал 29 видов и вариететов (в 2021 г. – 36 видов, в 2020 г. – 41, в 2019 г. – 33). Наибольшее видовое разнообразие принадлежало диатомовым водорослям (*Bacillariophyta*), представленным 13 видами. К харовым (*Charophyta*) относилось 7 видов, а к зеленым (*Chlorophyta*), золотистым (*Chrysophyta*) и пирофитовым (*Pyrrophyta*) – по 3 вида. В июне массового развития достигали золотистые водоросли, в частности, индикаторы олигосапробных зон, однако к августу на доминирующие позиции вышли динофитовые, харовые и зеленые водоросли.

В составе зоопланктона встречен 21 вид (в 2021 г. – 29, в 2020 г. – 23, в 2019 г. – 19). Основу разнообразия формировали коловратки (*Rotifera*), к которым относилось 18 видов. Ветвистоусые раки (*Cladocera*) были представлены 3 видами. Все встреченные веслоногие раки (*Copepoda*) находились на науплиальных или копеподитных стадиях развития. По численности в соста-

ве зоопланктона на протяжении всего периода наблюдений доминировали коловратки, а по биомассе ветвистоусые раки – в июне, веслоногие раки – в июле, коловратки – в августе. Среди видов-индикаторов преобладали индикаторы олигосапробных-беттамезосапробных условий.

Многолетняя динамика ИС в наблюдаемой акватории реки по показателям фитопланктона и зоопланктона свидетельствует об отсутствии антропогенного загрязнения (Рис. 3.4.).

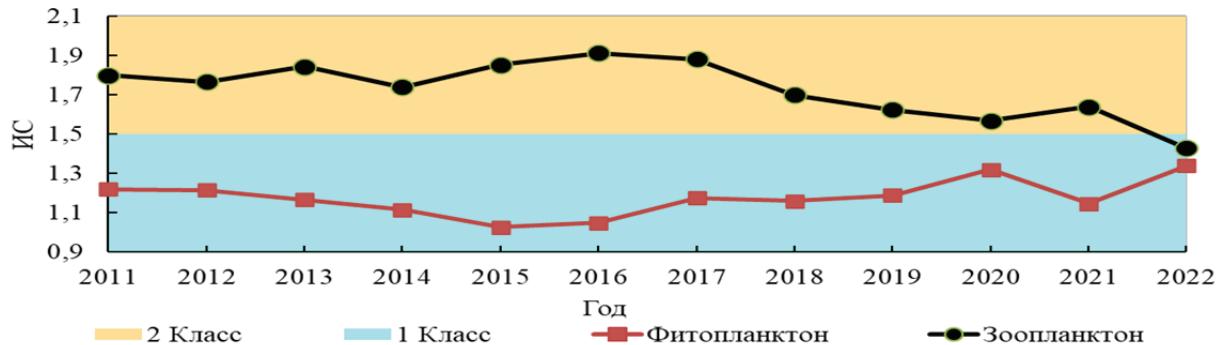


Рис. 3.4.3. Значения ИС в 2011–2022 гг., р. Вите

Зообентос реки, как и в предыдущем году, был представлен 21 видом. Наибольшим разнообразием характеризовались комары-звонцы (Chironomidae), к которым относилось 8 видов. Малощетинковые черви (Oligochaeta) представлены 4 видами, подёнки (Ephemeroptera) и ручейники (Trichoptera) насчитывали по 3 вида, а веснянки (Plecoptera), болотницы (Limoniidae) и мошки (Simuliidae) были представлены единичными видами. Многолетняя динамика БИ свидетельствует о постепенном улучшении качества придонных вод водного объекта (Рис. 3.4.).

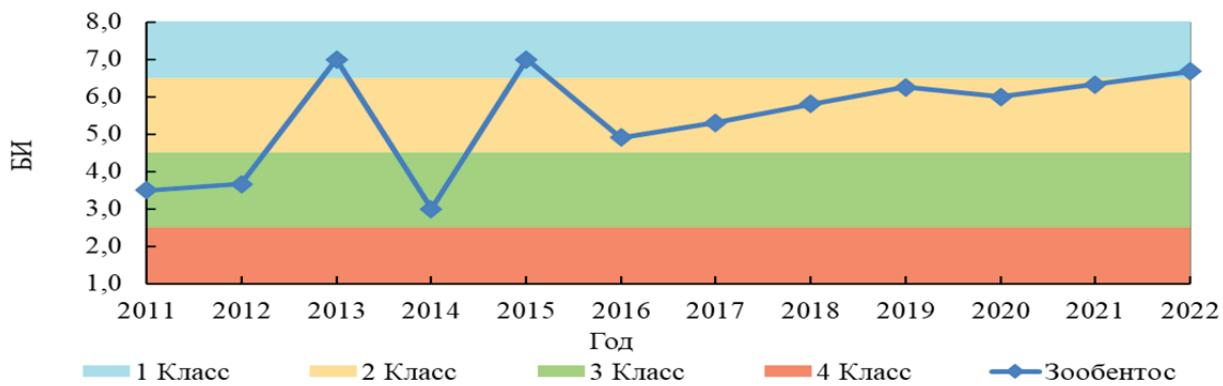


Рис. 3.4.4. Значения БИ в 2011–2022 гг., р. Вите

На основании проведенных наблюдений можно сделать вывод о том, что по гидробиологическим показателям экосистема реки Вите находится в состоянии экологического благополучия с элементами антропогенного экологического напряжения.

Исток р. Нижней Чуны из оз. Чунозеро. Пункт наблюдений расположен у границы Лапландского биосферного заповедника, на р. Нижняя Чуна. Наблюдения проводили в июне и августе по показателям фитопланктона, зоопланктона и зообентоса.

В составе фитопланктона реки встречено 33 вида и вариетета (в 2021 г. – 38, в 2020 г. – 34, в 2019 г. – 46) относящихся к 6 отделам. Диатомовые водоросли (Bacillariophyta) были представлены 17 видами, зеленые (Chlorophyta) – 7, в составе золотистых (Chrysophyta) и синезеленых (Cyanophyta) отмечено по 3 вида, пирофитовые (Rutiphycota) включали 2 вида, а харовые (Charophyta) – 1. Среди видов-индикаторов преобладали олигосапробионты и олигомезосапробионты.

Зоопланктон реки представлен 28 видами (в 2021 г. – 31). Наибольшее число видов относилось к коловраткам (Rotifera) – 12 из 28. Ветвистоусые раки (Cladocera) были представлены 11 видами, а веслоногие (Copepoda) – 5. Наибольший вклад в показатели общей численности внесли коловратки, а также разновозрастные стадии веслоногих раков.

Многолетняя динамика ИС по показателям фитопланктона и зоопланктона свидетельствует об отсутствии негативного антропогенного воздействия (Рис. 3.4.5).

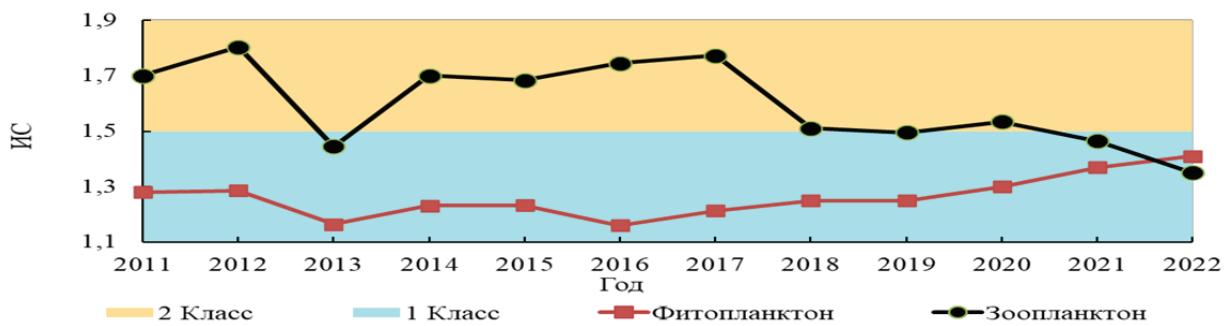


Рис. 3.4.5. Значения ИС в 2011–2022 гг., р. Нижняя Чуна

В составе зообентоса реки было встречено 19 видов беспозвоночных животных (в 2021 г. – 20), распределенных по 3 систематическим группам: комары-звонцы (Chironomidae, 10 видов), малощетинковые черви (Oligochaeta, 7 видов) и моллюски (Mollusca, 2 вида). По численности в составе зообентоса преобладали малощетинковые черви. Исходя из тенденций динамики многолетних значений БИ можно заключить о наличии негативного воздействие антропогенного загрязнения на придонные организмы (Рис.).

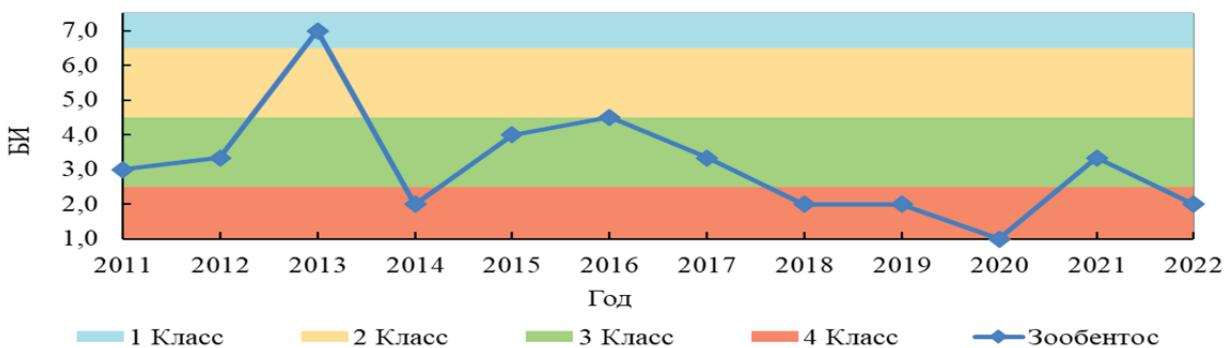


Рис. 3.4.6. Значения БИ в 2011–2022 гг., р. Нижняя Чуна

На основании проведенных наблюдений по гидробиологическим показателям можно заключить, что экосистема реки находится в состоянии экологического благополучия с элементами антропогенного экологического напряжения.

Балтийский гидрографический район

Наблюдения в 2022 г. произведены Северо-Западным УГМС на реке Шуя (Республика Карелия) по показателям макрофитобентоса.

Бассейн Онежского озера: Река Шуя (нижнее течение и устье). В 2022 г. в составе зообентоса реки встречено 13 видов (в 2021 г. – 19 видов, в 2020 г. – 24, в 2019 г. – 28, в 2018 г. – 33, в 2017 г. – 20, в 2016 г. – 7, в 2015 г. – 14), относящихся к 7 таксономическим группам. Комары-звонцы (Chironomidae) и подёнки (Ephemeroptera) насчитывали по 3 вида, ручейники (Trichoptera) и малощетинковые черви (Oligochaeta) – по 2, стрекозы (Odonata), жуки (Coleoptera) и моллюски (Mollusca) – по 1 виду.

В пробах истокового створа встречено 7 видов макробес позвоночных. По численности и биомассе доминировали ручейники. На устьевом створе – также 7 видов, при этом по численности доминировали комары-звонцы, а по биомассе – ручейники.

По гидробиологическим показателям экосистема реки находится в состоянии экологического благополучия с элементами антропогенного экологического напряжения.

Каспийский гидрографический район

В бассейне Средней Волги гидробиологический мониторинг фоновых объектов произведен на территории Жигулевского биосферного заповедника.

Озеро Кольчужное. Озеро Кольчужное расположено на территории Жигулевского биосферного заповедника (остров Середыш, Саратовское водохранилище). Исследование состояния экосистемы проводится с 2017 г. по показателям фитопланктона, зоопланктона, перифитона и зообентоса.

В период наблюдений видовое разнообразие фитопланктона озера составило 69 видов (59 видов в 2021 г.), в том числе: диатомовые (*Bacillariophyta*) – 50 видов, зеленые (*Chlorophyta*) – 15, синезеленые (*Cyanophyta*) и криптофитовые (*Cryptophyta*) – по 2 вида. По численности в составе фитопланктона доминировали диатомовые водоросли, вклад которых в общие показатели составлял 91% весной, 68% летом и 96% осенью.

В сообществе фитоперифитона в период наблюдений встречено 32 вида (в 2021 г. – 45). Во все сезоны по численности преобладали диатомовые.

В зоопланктоне озера за период наблюдения в 2022 году обнаружено 30 видов (в 2021 г. – 41), из них: коловраток (*Rotifera*) – 10, ветвистоусых раков (*Cladocera*) – 7, веслоногих (*Copepoda*) – 13. Весной основу зоопланктона составляли коловратки (75% от общей численности), летом – веслоногие раки отряда *Cyclopoida* (84%), осенью – ветвистоусые раки (42%).

В зообентосе отмечено 18 видов (в 2021 г. – 12), в составе 11 групп: моллюски (*Mollusca*) – 8 видов (из них двустворчатые (*Bivalvia*) – 5, брюхоногие (*Gastropoda*) – 3), личинки двукрылых (*Diptera*) – 3 вида, пиявки (*Hirudinea*) – 2 вида, ручейники (*Trichoptera*), веснянки (*Plecoptera*), равноногие раки (*Isopoda*), малощетинковые черви (*Oligochaeta*) и клещи (*Hydrachnidia*) – по 1 виду. В весенний и летний периоды в составе зообентоса по численности доминировали моллюски (45% и 59% от общей численности соответственно), в осенний – двукрылые семейства *Chironomidae* (49%).

Таким образом, можно заключить, что по показателям фитопланктона и зообентоса экосистема озера находится в состояние антропогенного экологического напряжения, а по показателям фитоперифитона и зоопланктона – антропогенный экологический регресс.

Восточно-Сибирский гидрографический район

Дельта реки Лены. Фоновые наблюдения произведены в районе полярной станции Хабарова, у о. Столб – в границах государственного природного заповедника «Усть-Ленский». Створ наблюдений лежит в одном из рукавов дельтовой части реки Лены. Для оценки качества вод были использованы показатели фитопланктона и зообентоса.

Фитопланктон наблюдаемой части акватории реки Лены в 2022 г. был представлен 16 видами, среди которых преобладали диатомовые (*Bacillariophyta*) – 11 видов. Зеленые (*Chlorophyta*) насчитывали 3 вида, синезеленые (*Cyanophyta*) и золотистые (*Chrysophyta*) водоросли – по 1 виду. Основу общей численности и биомассы фитопланктона формировали диатомовые. В целом, количественные показатели фитопланктона лежали в диапазоне многолетних наблюдений. Значение ИС по показателям фитопланктона существенно уменьшилось в 2022 г., по сравнению с показателями 2016–2021 гг., что отразилось и на оценке класса качества вод (Рис. 3.4.7).

Зообентос наблюдаемого участка реки был представлен 22 видами донных макробеспозвоночных (в 2021 г. – 23 вида, в 2020–2018 гг. – по 21, в 2017 г. – 20 видов), относящихся к 8 группам. Наибольшим видовым разнообразием характеризовались комары-звонцы (*Chironomidae*) – 8 видов, малощетинковым червям (*Oligochaeta*) принадлежало 4 вида, веснянкам (*Plecoptera*) – 3, подёнки (*Ephemeroptera*) и двустворчатые моллюски (*Bivalvia*) насчитывали по 2 вида, бокоплавы (*Amphipoda*), ручейники (*Trichoptera*) и двукрылые (*Diptera*) – по 1. Среднегодовые значения БИ флюктуировали в диапазоне значений слабо загрязненных и загрязненных вод (Рис. 3.4.8).

Качество вод реки по гидробиологическим показателям в 2022 г. находится на уровне среднемноголетних значений. Состояние экосистемы дельтовой части р. Лены следует рассматривать как экологическое благополучие, а повышенные значения БИ – как результат реакции зообентоса на экстремальные климатические условия региона.

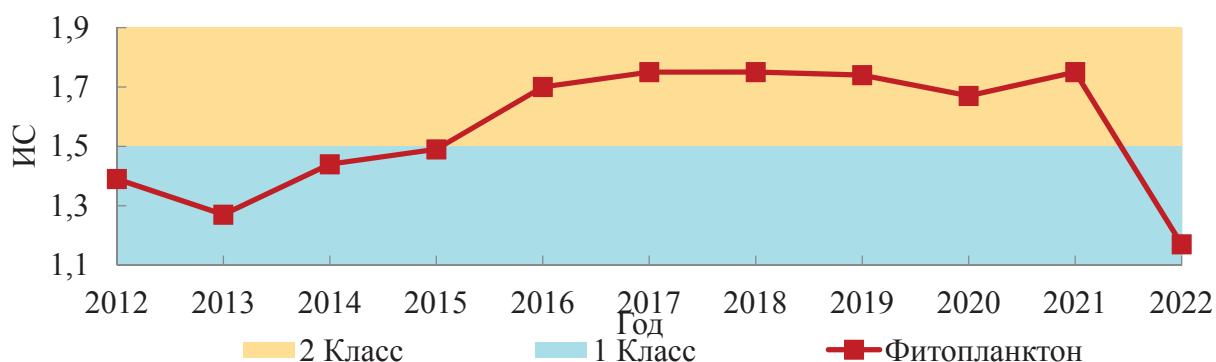


Рис. 3.4.7. Значения ИС в 2012–2022 гг., р. Лена, ст. Хабарова

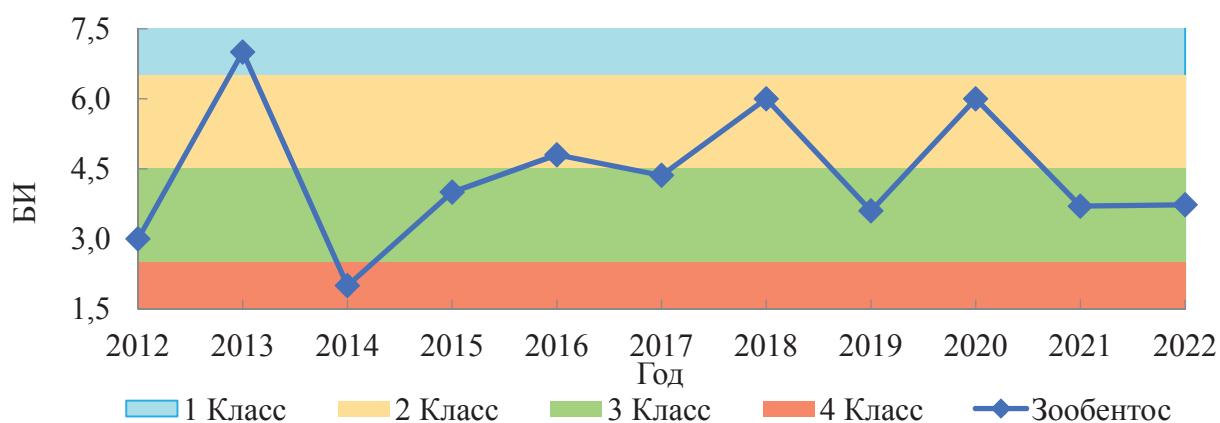


Рис. 3.4.8. Значения БИ в 2012–2022 гг., р. Лена, ст. Хабарова

р. Копчик-Юрэгэ (п. Полярка). В составе фитопланктона реки встречено 12 видов. Основу видового разнообразия формировали диатомовые водоросли (*Bacillariophyta*), представленные 9 видами палеарктического комплекса. Остальные 3 вида относились к отделу зеленых водорослей (*Chlorophyta*). Наибольший вклад в общие количественные показатели фитопланктона также вносили представители диатомовых. В целом, количественные показатели фитопланктона лежали в диапазоне многолетних наблюдений.

Значения ИС по показателям фитопланктона существенно уменьшились в 2022 г. в сравнении с показателями 2016–2021 гг., что говорит об улучшении класса качества вод (Рис. 3.4.9).

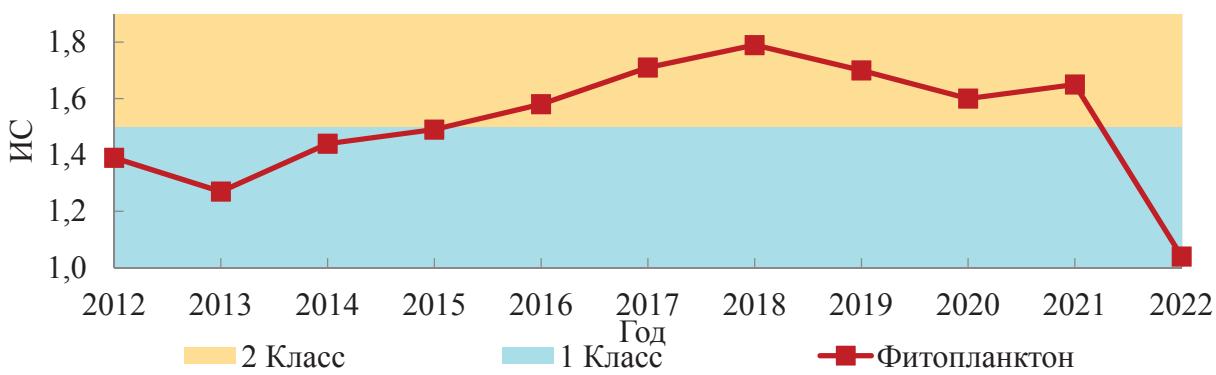


Рис. 3.4.9. Значения ИС в 2012–2022 гг., р. Копчик-Юрэгэ

Зообентос реки в 2022 г. был представлен 7 видами донных макробес позвоночных (в 2021–2020 гг. – 6 видов, в 2019–2018 гг. – 7), в том числе: по 3 вида веснянок (*Plecoptera*) и комаров-звонцов (*Chironomidae*) и 1 вид поденок (*Ephemeroptera*). Количественные и качественные показатели зообентоса по сравнению с 2019–2021 гг. не изменились (Рис. 3.4.10).

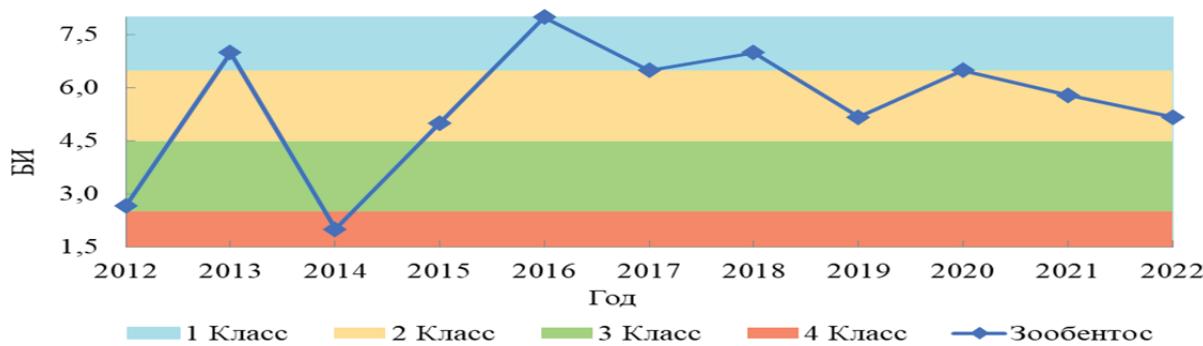


Рис. 3.4.10. Значения БИ в 2012–2022 гг., р. Копчик-Юрэгэ

По гидробиологическим показателям экосистема р. Копчик-Юрэгэ находится в состоянии экологического благополучия. Относительная бедность качественного состава фитопланктона и зообентоса определяются не столько антропогенными факторами, сколько климатическими условиями природной среды.

Карский гидрографический район

Бассейн оз. Байкал, река Джигда.

В составе фитопланктона р. Джигды – левого притока р. Селенги – встречено 49 видов (в 2021 г. – 45, в 2020 г. – 59, в 2019 г. – 70, в 2018 г. – 72), принадлежащих к 2 отделам: диатомовые (Bacillariophyta, 46 видов) и зеленые водоросли (Chlorophyta, 3 вида). По количественным показателям в составе фитопланктона доминировали диатомовые. Среди видов-индикаторов отмечены как ксено-олигосапробионты, так и беттамезосапробионты.

Зоопланктон реки в 2022 г. был представлен 7 видами (в 2021 г. – 19, в 2020 г. – 13) в составе двух систематических групп: коловратки (Rotifera) – 5 видов и веслоногие раки (Sopropoda) – 2 вида.

В составе зообентоса, так же, как и в 2021 г. встречено 9 видов (в 2020 г. – 14) в составе трех таксономических групп: подёнки (Ephemeroptera) – 6 видов, комары-звонцы (Chironomidae) – 2 вида и веснянки (Plecoptera) – 1 вид.

Значения ИС по показателям фито- и зоопланктона, а также значения БИ зообентоса в период с 2011 по 2022 г. включительно варьировали в пределах двух классов качества вод (Рис. 3.4.11 и 3.4.12).

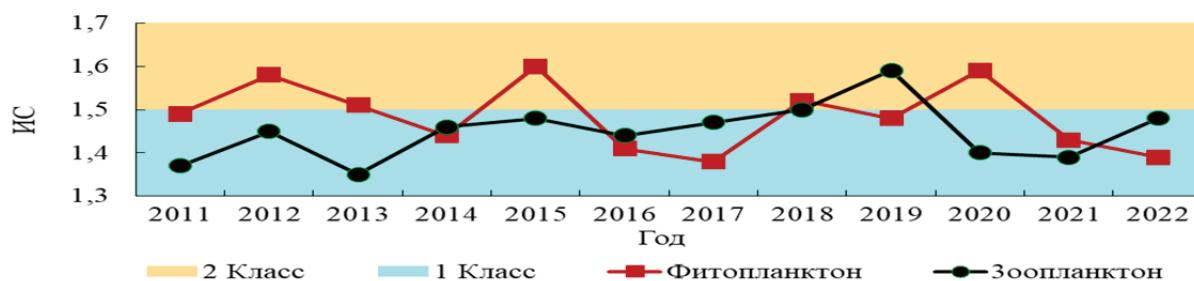


Рис. 3.4.11. Значения ИС в 2011–2022 гг., р. Джигда

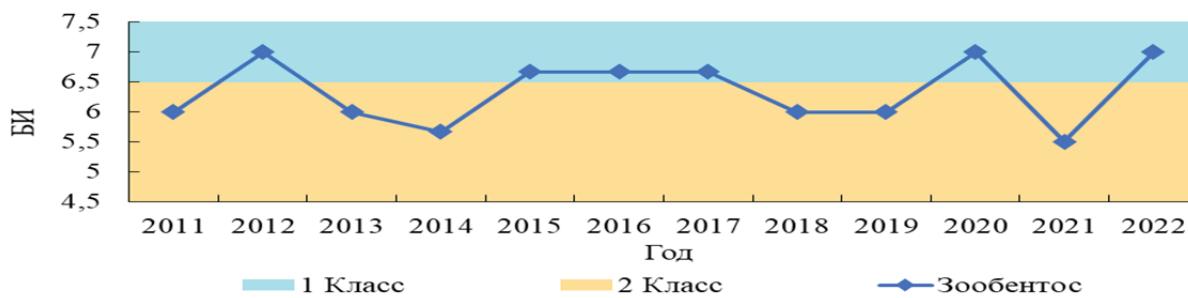


Рис. 3.4.12. Значения БИ в 2011–2022 гг., р. Джигда

Результаты гидробиологических наблюдений показывают, что экосистема реки находится в состоянии экологического благополучия.

Тихоокеанский гидрографический район

Река Чирка. Гидробиологические наблюдения за качеством вод р. Чирка, протекающей по территории Большехекцирского государственного природного заповедника, проведены в 2,7 км от с. Чирки, в 20 км от города Хабаровска.

В составе зообентоса реки встречено 22 вида донных беспозвоночных (в 2021 г. – 5, в 2020 г. – 14), в том числе: комары-звонцы (*Chironomidae*) – 5 видов, брюхоногие моллюски (*Gastropoda*) – 8, малощетинковые черви (*Oligochaeta*) – 4, подёнки (*Ephemeroptera*) – 2, равноногие раки (*Isopoda*), бокоплавы (*Amphipoda*) и мокрецы (*Ceratopogonidae*) – по одному виду. Основу численности и биомассы макрообентоса в реке формировали брюхоногие моллюски. Их доля составляла по численности – 49%, а по биомассе – 99% от общих показателей. Динамика БИ в период с 2014 по 2022 гг., и принадлежность вод к классам качества по гидробиологическим показателям представлены на графике ниже (рис. 3.4.13).

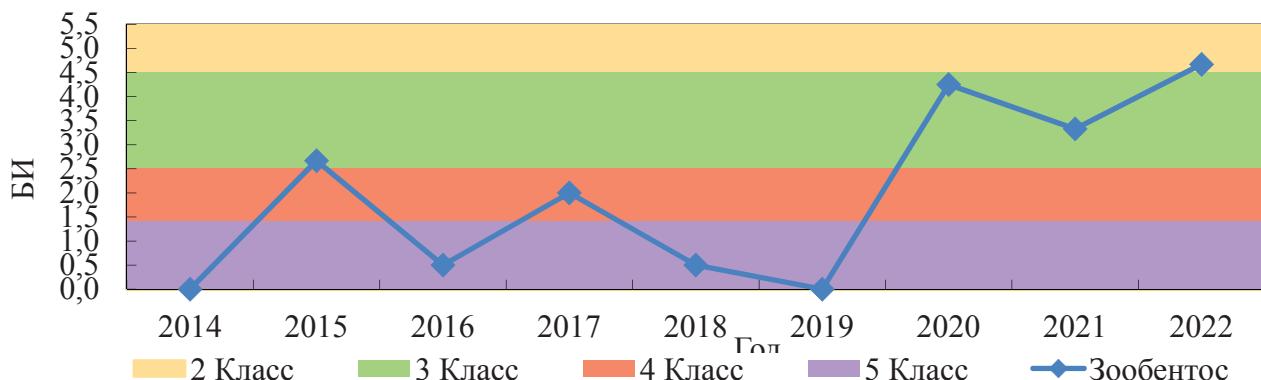


Рис.3.4.13. Значения БИ в 2014–2022 гг., р. Чирка, с. Чирки

Видовой состав перифитона включал 22 вида (в 2021 г. – 24, в 2020 г. – 20). Фитоперифитон был представлен 13 видами, а зооперифитон – 9. Качественное разнообразие фитоперифитона было сформировано 11 видами диатомовых (*Bacillariophyta*) и 2 видами синезеленых (*Syano phyta*) водорослей. Среди представителей зооперифитона отмечено 5 видов брюхоногих моллюсков (*Gastropoda*), и по одному виду комаров-звонцов (*Chironomidae*), подёнок (*Ephemeroptera*), веснянок (*Plecoptera*), бокоплавов (*Amphipoda*) и малощетинковых червей (*Oligochaeta*). По численности в составе перифитона доминировали диатомовые водоросли и брюхоногие моллюски.

На основании проведенных гидробиологических наблюдений можно заключить, что состояние экосистемы р. Чирка, в окрестностях с. Чирки, по показателям зоопланктона и зооперифитона оценивается как антропогенное экологическое напряжение и не в полной мере соответствует фоновому.

Река Манома. Большая часть бассейна реки находится в границах национального парка «Анюйский». Зообентос реки в наблюдаемом створе состоял из 34 видов и форм донных беспозвоночных, принадлежащих к 9 таксономическим группам. Моллюски (*Mollusca*) включали 9 видов (двусторчатые (*Bivalvia*) – 4 вида, брюхоногие (*Gastropoda*) – 5 видов), в том числе краснокнижный вид жемчужниц – *Dahurinaia dahurica* (Middendorff, 1850) – индикатор высокого качества воды. Меньшим числом видов были представлены: комары-звонцы (*Chironomidae*) – 8 видов, малощетинковые черви (*Oligochaeta*) – 6 видов, поденки (*Ephemeroptera*) – 5 видов, стрекозы (*Odonata*) и ручейники (*Trichoptera*) – по 2 вида, жуки (*Coleoptera*) и пиявки (*Hirudinea*) – по 1 виду.

Значения БИ в период наблюдений варьировали от 7 до 9 баллов, что соответствует 1 классу качества – условно чистые воды. Экосистема реки находится в состоянии экологического благополучия.

Озеро Ханка в границах участка «Сосновый» государственного природного биосферного заповедника «Ханкайский». В составе зообентоса озера Ханка встречено 35 видов донных беспозвоночных, относящихся к 11 таксономическим группам. Наибольшее число видов принадлежало малошетинковым червям (*Oligochaeta*), насчитывавшим 8 видов, и моллюскам (*Mollusca*), включавшим 10 видов, в том числе 6 видов брюхоногих (*Gastropoda*) и 4 – двустворчатых (*Bivalvia*). Меньшим числом видов были представлены: подёнки (*Ephemeroptera*) – 4 вида, комары-звонцы (*Chironomidae*) и десятиногие раки (*Decapoda*) – по 3 вида, клопы (*Heteroptera*) – 2 вида, ручейники (*Trichoptera*), бокоплавыам (*Amphipoda*), жуки (*Coleoptera*), пиявки (*Hirudinea*) и стрекозы (*Odonata*) – по 1 виду. Значения БИ в период наблюдений лежали в диапазоне от 8 до 10 баллов, что позволяет охарактеризовать воды оз. Ханка как условно чистые.

На основании проведённых гидробиологических наблюдений можно заключить, что экосистема озера в границах участка заповедника находится в состоянии экологического благополучия.

Таким образом, ухудшения качества вод и состояния экосистем на фоновых участках водных объектов в 2022 г. на фоне многолетней динамики не отмечено. Из 13 обследованных фоновых участков Баренцевского, Балтийского, Каспийского, Карского, Восточно-Сибирского и Тихоокеанского гидрографических районов состояние экологического благополучия характерно для 11. Экосистемы фоновых объектов в бассейне р. Волги (оз. Кольчужное) и р. Чирка (приток р. Уссури бассейна р. Амур) модифицированы в результате антропогенного воздействия.

В пяти наблюдаемых фоновых пунктах (реки Манома, Джигда, Копчик-Юрэгэ, Лена (дельта) и оз. Ханка в границах биосферного заповедника «Ханкайский») не выявлены признаки негативного антропогенного воздействия. Экосистемам остальных фоновых объектов присущи черты антропогенного экологического напряжения.

4. МНОГОЛЕТНЕЕ СОСТОЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ СРЕД НА СТАНЦИЯХ СКФМ СНГ

4.1 Березинский биосферный заповедник (Республика Беларусь)

Мониторинг атмосферного воздуха на **станции фонового мониторинга в Березинском заповеднике** организован с целью получения информации о региональном фоновом состоянии атмосферного воздуха. Основная роль в формировании уровня загрязнения воздуха принадлежала региональному и глобальному переносу.

Общая оценка состояния атмосферного воздуха. По результатам стационарных наблюдений, в 2022 г. содержание в атмосферном воздухе большинства определяемых загрязняющих веществ несущественно снизилось, отмечено некоторое увеличение содержания азота оксида и сульфат-иона.

Согласно рассчитанным значениям индекса качества атмосферного воздуха (далее – ИКАВ), состояние воздуха в 2022 г. оценивалось, в основном, как очень хорошее, хорошее и умеренное, доля периодов с удовлетворительным и плохим уровнями загрязнения атмосферного воздуха была незначительна (рисунок 4.1.1). Такие периоды были связаны с увеличением содержания в воздухе приземного озона. Периоды с опасным уровнем загрязнения атмосферного воздуха отсутствовали.

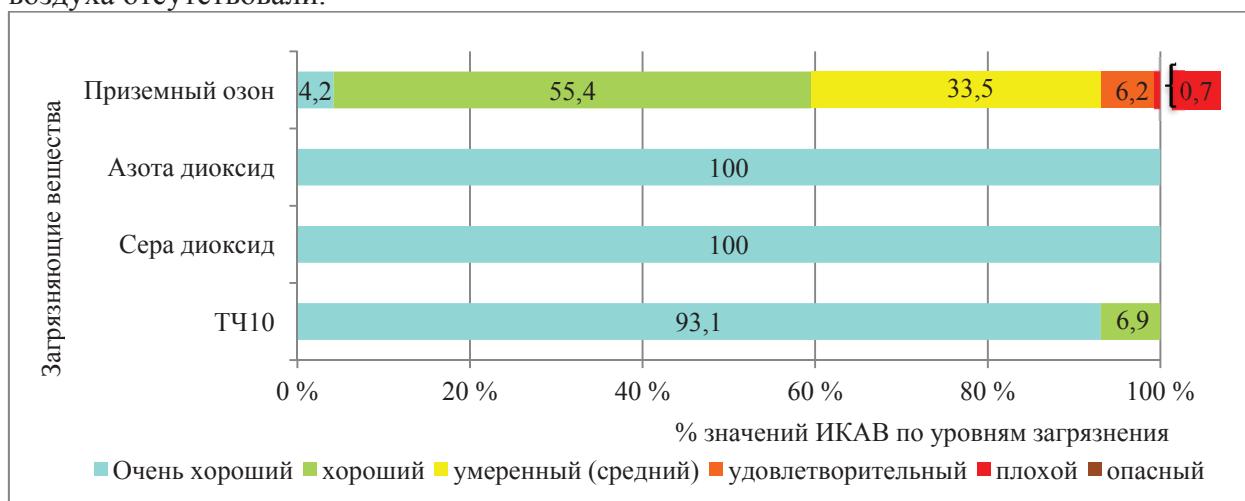


Рис. 4.1.1. Распределение значений ИКАВ (%) в 2022 г. на СФМ в Березинском заповеднике

Сера диоксид. По данным непрерывных измерений, среднегодовая фоновая концентрация серы диоксида составляла $1,8 \text{ мкг}/\text{м}^3$ (0,04 ПДК) и была незначительно ниже, чем в 2021 г. Максимальная среднесуточная концентрация $11,6 \text{ мкг}/\text{м}^3$ (0,06 ПДК) зафиксирована 3 ноября. Сезонные изменения содержания в воздухе серы диоксида не имели ярко выраженного характера.

Азота диоксид. Среднегодовая фоновая концентрация азота диоксида составляла $3,9 \text{ мкг}/\text{м}^3$ (0,1 ПДК) и была незначительно ниже, чем в 2021 г. Максимальная среднесуточная концентрация 0,12 ПДК зафиксирована 25 ноября. Значения среднемесячных концентраций азота диоксида находились практически на одинаковом уровне, некоторое увеличение содержания азота диоксида наблюдалось в январе и ноябре.

Азота оксид. Среднегодовая фоновая концентрация азота оксида составляла $2,4 \text{ мкг}/\text{м}^3$ (0,02 ПДК) и была незначительно выше, чем в 2021 г. Максимальная среднесуточная концентрация также была существенно ниже норматива ПДК и составляла 0,03 ПДК (25 ноября). Значения среднемесячных концентраций находились на одинаковом уровне, некоторое увеличение содержания азота оксида наблюдалось в ноябре.

Сульфат-ион. Среднегодовая фоновая концентрация сульфат-иона составляла $1,49 \text{ мкг}/\text{м}^3$ и была выше в 1,5 раза, чем в 2021 г. Минимальное содержание сульфат-иона в атмосферном воздухе зафиксировано в мае ($0,98 \text{ мкг}/\text{м}^3$), максимальное содержание ($2,59 \text{ мкг}/\text{м}^3$) – в декабре. Максимальная среднесуточная концентрация сульфат-иона составляла $6,45 \text{ мкг}/\text{м}^3$ (29 августа).

Твердые частицы (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль). Среднегодовая фоновая концентрация твердых частиц (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль) составляла $12 \text{ мкг}/\text{м}^3$ и по сравнению с 2021 г. снизилась на 11 %. В теплый период года содержание в воздухе твердых частиц было выше, чем в холодный период. В годовом ходе максимальное содержание в воздухе твердых частиц наблюдалось в августе, минимальное содержание – в январе (рисунок 2). Максимальная среднесуточная концентрация твердых частиц зафиксирована 3 июня и составляла $84,05 \text{ мкг}/\text{м}^3$ (0,6 ПДК).

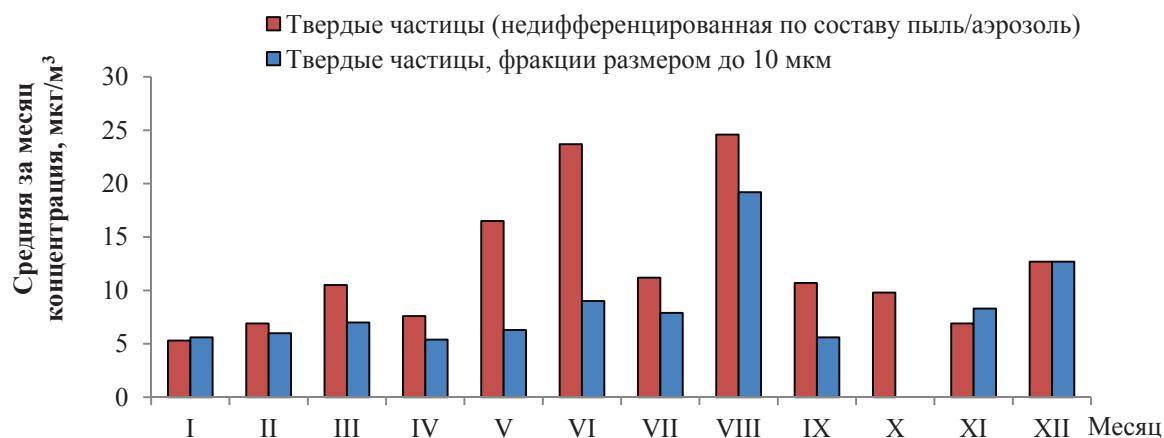


Рисунок 4.1.2 – Внутригодовое распределение концентраций твердых частиц в атмосферном воздухе Березинского заповедника 2022 г.

Твердые частицы, фракции размером до 10 мкм (далее – ТЧ10). Фоновый уровень концентраций ТЧ10 обусловлен в большой степени трансграничным переносом. Увеличение содержания ТЧ10 в теплый период года лимитируется природными и антропогенными факторами.

По данным непрерывных измерений, среднегодовая фоновая концентрация ТЧ10 составляла 0,2 ПДК, что незначительно ниже значения 2021 г. Количество дней со среднесуточными концентрациями выше $25 \text{ мкг}/\text{м}^3$ (0,5 ПДК) составляло 3,6 % (в 2019 г., 2020 г. и 2021 г. – 3,2 %, 6,8 % и 4,8 % соответственно). В годовом ходе максимальное содержание в воздухе ТЧ10 наблюдалось в августе, минимальное содержание – в апреле. Превышения среднесуточных ПДК по ТЧ10 в течение года не фиксировались.

Тяжелые металлы и бенз(а)пирен. Концентрации свинца и кадмия были ниже пределов обнаружения. Содержание бенз(а)пирена в воздухе определяли в отопительный сезон. Концентрации бенз(а)пирена в январе были ниже предела обнаружения, в остальные месяцы варьировались в диапазоне $0,48 – 1,11 \text{ нг}/\text{м}^3$.

Бензол. Содержание в воздухе бензола было по-прежнему значительно ниже норматива ПДК. Максимальная среднесуточная концентрация бензола $0,3 \text{ мкг}/\text{м}^3$ (0,01 ПДК) зафиксирована 22 декабря.

Приземный озон. По данным непрерывных измерений, среднегодовая фоновая концентрация приземного озона составляла $69 \text{ мкг}/\text{м}^3$ (в 2020 г. – $58 \text{ мкг}/\text{м}^3$, в 2021 г. – $55 \text{ мкг}/\text{м}^3$). Высокое содержание в воздухе приземного озона наблюдалось в апреле, связано такое увеличение уровня загрязнения с межсезонной перестройкой атмосферы и притоком озона из стратосферы. Среднесуточные концентрации приземного озона превышали норматив ПДК в течение 41 дня (в 2021 г. – в течение 5 дней). Максимальная среднесуточная концентрация приземного озона зафиксирована 2 мая и составляла 1,8 ПДК. Также фиксировались превышения нормативов ПДК по приземному озону, установленных для 1-часового периода – 66 случаев (до 1,3 ПДК) и 8-часового периода – 42 случая (до 1,6 ПДК).

4.2 Станция комплексного фонового мониторинга Боровое (Республика Казахстан)

Государственный заповедник Боровое был учреждён Постановлением ВЦИК и СНК СССР за подписью М.И. Калинина в 1925 году. Государственный национальный природный парк «Бурабай» (Боровое) создан в 2000 г. с целью охраны озерно-горно-лесных ландшафтов, упорядочения туризма и организации отдыха населения на его территории. Расположен парк на территории Щучинского района Акмолинской области. Его площадь 83511 га.

В конце 1970х в Боровом была организована первая станция системы комплексного фонового мониторинга, проработавшая до распада СССР. Информация о загрязнении природных сред поступала в БД «Фоновый мониторинг» до 2001 года, затем последовал перерыв. В этом году обмен информацией возобновился. Характеристика загрязнения природных сред в районе расположения СКФМ «Боровое» дается согласно «Информационному бюллетеню о состоянии окружающей среды на территории Республики Казахстан за 2020», «Информационному бюллетеню о состоянии окружающей среды на территории Республики Казахстан за 2021 год» и «Информационному бюллетеню о состоянии окружающей среды на территории Республики Казахстан за 2022 год», подготовленных департаментом экологического мониторинга РГП «Казгидромет». Необходимо отметить, что вследствие смены методик отбора и анализа проб, сопоставить напрямую данные, получаемые в настоящее время и в 1980-1990х гг. не представляется возможным.

Общая оценка загрязнения атмосферы СКФМ Боровое.

На СКФМ «Боровое» в атмосферном воздухе определяются следующие загрязняющие вещества: взвешенные частицы PM-2,5, взвешенные частицы PM-10, диоксид серы, оксид углерода, диоксид и оксид азота, озон (приземный), сероводород, аммиак, диоксид углерода.

За 2020 и 2021 годы по данным стационарной сети наблюдений, уровень загрязнения атмосферного воздуха СКФМ Боровое оценивался как низкий, он определялся значениями: СИ – 0-1, НП – 0%, ИЗА – 0-5.

За 2022 год по данным стационарной сети наблюдений уровень загрязнения атмосферного воздуха характеризовался как повышенный, он определялся значениями ИЗА=5 (повышенный уровень), СИ=3,2 (повышенный уровень) и НП=1% (повышенный уровень).

Средние концентрации взвешенных частиц PM-2,5 составила 1,5 ПДКс.с., озон – 1,4 ПДКс.с., концентрации остальных загрязняющих веществ не превышали ПДК. Максимально-разовые концентрации взвешенных частиц PM-2,5 составила 3,2 ПДКм.р., взвешенных частиц PM-10 – 1,8 ПДКм.р., оксида углерода – 1,1 ПДКм.р., озон – 1,9 ПДКм.р., сероводород – 2,3 ПДКм.р., концентрации остальных загрязняющих веществ не превышали ПДК.

Случаи экстремально высокого и высокого загрязнения (ВЗ и ЭВЗ): ВЗ (более 10 ПДК) и ЭВЗ (более 50 ПДК) не были отмечены.

За последние 5 лет загрязнение имеет низкий уровень, за исключением 2022 года, где уровень – повышенный.

Химический состав атмосферных осадков

Наблюдение за химическим составом атмосферных осадков на территории Акмолинской области заключались в отборе проб дождевой воды на 4 метеостанциях (Астана, Щучинск, СКФМ «Боровое», Бурабай).

Концентрации всех определяемых загрязняющих веществ осадках не превышали предельно допустимые концентрации (ПДК).

В 2022 г. в пробах преобладало содержание сульфатов 34,4%, хлоридов 14,0%, гидрокарбонатов 20,2%, ионов натрия 10,5%, ионов кальция 8,8%, ионов калия 6,4%.

Наибольшая общая минерализация отмечена на МС СКФМ «Боровое» – 58,4 мг/л, наименьшая – 30,5 мг/л на МС Щучинск. В 2021 г. наименьшая минерализация на всех станциях Республики Казахстан наблюдалась на МС Бурабай (Акмолинская) – 14,89 мг/л. В 2022 г. общая минерализация на МС составила –252,9 мг/л.

Удельная электропроводимость атмосферных осадков находилась в пределах от 24,2 мкСм/см (МС Бурабай) до 53,0 мкСм/см (МС Астана).

Кислотность выпавших осадков находится в пределах от 5,6 (МС СКФМ «Боровое») до 6,2 (МС «Щучинск»).

Загрязнение почв

В пробах почвы, отобранных на станции комплексного фонового мониторинга «Боровое» (СКФМ «Боровое») содержания цинка составила 1,0 мг/кг, меди – 0,02 мг/кг, свинца – 0,01 мг/кг, хрома – 0,1 мг/кг, кадмия – 0,04 мг/кг.

В пробах почвы отобранных в поселке Бурабай содержание цинка составило 1,0-1,3 мг/кг, меди – 0,01-0,1 мг/кг, свинца – 0,01-1,4 мг/кг, хрома – 0,1-0,5 мг/кг, кадмия – 0,01-0,4 мг/кг.

Поверхностные воды

В озере Щучье температура воды отмечена на уровне 0-25,0°C, водородный показатель 7,47-8,45, концентрация растворенного в воде кислорода – 7,24-11,19 мг/дм³, БПК5 – 0,23-2,68 мг/дм³, ХПК – 12-63 мг/дм³, взвешенные вещества – 3,2-15 мг/дм³, минерализация – 335-468 мг/дм³, цветность - 5-10 градусов; запах – 0 баллов.

Донные отложения

В пробах донных отложений, отобранных в оз. Щучье, концентрации кадмия в среднем составляет 0,201 мг/кг, никеля – 42,8 мг/кг, свинца – 12,73 мг/кг, меди – 12,83 мг/кг, хрома – 9,73 мг/кг, мышьяка – 5,295 мг/кг, марганца – 49,16 мг/кг.

4.3 Станция комплексного фонового мониторинга Чаткальский БЗ (Республика Узбекистан)

Чаткальский государственный биосферный заповедник — старейший государственный заповедник на территории Узбекистана организован в 1947 году. Его площадь 35,2 тыс.га. Он расположен на склонах Чаткальского хребта в Западном Тянь-Шане (Ташкентская область, Паркенский район). Территория заповедника состоит из двух участков: Башкизилсайского (Паркентский район) и Майдантальского (Бостанлыкский район), диапазон их высот колеблется в пределах от 1200 до 4000 м над уровнем моря. Вся территория находится в горной части бассейнов крупных рек Сырдарьи, Чирчика и Ахангарана.

На территории заповедника климат резко континентальный с холодной снежной зимой, температурой воздуха опускающейся до - 40 градусов, с выпадением осадков в зимне - весенний периоды от 720 до 1157 мм в год. Для зоны высоких предгорий характерны сильные ливни (весной и в начале лета). Относительная влажность воздуха колеблется в пределах от 48 до 63%.

На территории заповедника в предгорьях и низкогорьях до высоты от 1200 до 1300 м отмечены сероземы. В средневысотных горах на высоте от 1400 до 2200 м и в зависимости от коренных пород - коричневые почвы. Бурые горно - лесные почвы, также характерны для средневысотных гор Западного Тянь-Шаня. Светло-бурые лугостепные почвы - верхнего пояса гор. Они распространены на водоразделах хребтов и прилегающих к ним частях склонов. В близи родников и снежников высокогорий - развиваются светло - бурые луговые и торфоболотные почвы.

Территория заповедника расположена на водораздельной части двух основных речных бассейнов Западного Тянь - Шаня: Чирчикского и Ахангаранского. Всего по территории заповедника протекает 10 рек.

В заповеднике произрастает более 1168 видов высших растений, из них 6 эндемичных видов : горицвет голочашечный, лук пскемский, аллохруза качимовидная, ветреница вытянутая, астрагал красножилковый и змееголовник Комарова. Кроме того флора заповедника очень богата техническими, лекарственными, эфиромасличными, плодово-ягодными и кормовыми растениями, являющиеся ценным генетическим фондом. Растительность заповедника разнообразна, и за пройденные десятилетия с момента создания заповедника, на растительный мир не оказывалось сильного антропогенного воздействия, в результате чего внешний растительный покров довольно сильно отличается от растительности за пределами заповедника. Прежде всего, можно говорить о его густоте и разнообразии.

На территории заповедника по неполным данным отмечены следующие виды животных: Насекомые - более 1000 видов; Рыбы - 4 вида; Амфибии – 2; Рептилии - 17 видов; Птиц - 176 видов (гнездящихся - 103); Млекопитающие - 33 вида.

В Чаткальском БЗ была организована станция системы комплексного фонового мониторинга, проработавшая с 1983 по 2007 гг. Основные результаты наблюдений за 2015-2022 г. представлены в таблицах ниже:

Таблица 4.3.1 Данные анализов проб атмосферного воздуха 2015-2022 гг. Среднемесячное содержание диоксида серы ($\text{мкг}/\text{м}^3$)

год	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
2015	0,102	0,099	0,095	0,091	0,094	0,101	0,100	0,094	0,092	0,096	0,098	0,084
2016	0,095	0,088	0,090	0,091	0,095	-	-	0,092	0,091	0,093	0,090	0,090
2017	0,087	0,092	0,091	0,094	0,094	0,113	0,116	0,108	0,086	0,085	0,090	0,086
2018	0,092	0,091	0,080	0,094	0,101	0,133	0,192	0,089	0,089	0,081	0,080	0,083
2019	0,094	0,090	0,095	0,094	0,092	0,097	0,150	0,110	0,083	0,084	0,084	0,083
2020	0,091	0,086	0,093	0,090	0,096	0,096	0,092	0,089	0,090	0,093	0,092	0,093
2021	0,093	0,093	0,094	0,094	0,095	0,097	0,100	0,100	0,095	0,092	0,140	0,094
2022	0,094	0,096	0,095	0,096	0,096	0,098	0,110	0,098	0,091	0,101	0,092	0,092

Таблица 4.3.2 Данные анализов проб атмосферных осадков 2015-2022 гг.

Ингредиент	ян-варь	фев-раль	мар-т	апрель	май	июнь	июл-ь	ав-густ	сен-тябрь	ок-тябрь	но-ябрь	де-кабрь
2015 год												
Сульфаты (мг/л)	7,1	7,0	3,8	6,2	10,3					10,1	6,3	8,3
Хлориды (мг/л)	1,28	1,28	1,53	1,02	1,53					1,02	2,04	1,28
Гидрокарбонаты (мг/л)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					5,49	0,00	0,00
Аммоний (мг/л)	0,273	0,065	0,058	0,065	0,026					0,039	0,637	0,273
Калий (мг/л)	0,54	0,316	0,778	0,434	0,416					0,608	0,417	0,526
Магний (мг/л)	0,73	2,19	1,46	1,46	1,22					2,92	0,00	0,73
Кальций (мг/л)	2,00	3,21	3,61	3,61	6,01					6,01	2,40	4,01
Электропроводность ($\mu\text{Sm}/\text{cm}$)	28,2	25,1	51,0	53,6	41,2					51,6	22,5	31,6
pH	6,87	6,86	6,85	6,8	6,88				6,8	6,8	6,85	6,83
Свинец (мкг/л)	5,16	0	14,28	31,44	12,64					14,04	4,68	10,16
Кадмий (мкг/л)	0,32	0,04	0,60	0,76	0,48					0,16	0,24	0,12
Медь (мкг/л)	0,48	0,32	3,20	3,64	2,72					4,00	1,36	0,00
Цинк (мкг/л)	16,4	18,92	53,00	64,32	29,48					24,08	17,80	24,04
Ртуть (мкг/л)	0,00	0,00	0,00	0,001	0,00					0,00	0,00	0,00
а - ГХЦГ (мкг/л)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
g - ГХЦГ (мкг/л)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
ДДТ (мкг/л)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
ДДЭ (мкг/л)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
Кол-во осадков (мм)	101,8	83,5	97,8	55,9	43,2	-	-	-	4,6	66,4	98,8	88,6
2016 год												
Сульфаты (мг/л)	10,5		1,2	15,9	10,0	8,8				10,2	1,2	7,0
Хлориды (мг/л)	3,83		1,79	1,79	3,83	3,06				6,38	5,62	8,17
Гидрокарбонаты (мг/л)	6,10		13,42	29,89	0,00	0,00				10,37	10,37	8,54
Аммоний (мг/л)	1,313		0,039	0,065	0,039	0,234				0,065	0,078	0,312
Калий (мг/л)	0,313		0,317	0,644	0,356	0,490				0,569	0,566	0,485
Магний (мг/л)	1,22		1,46	0,49	0,00	0,00				0,00	0,00	0,49
Кальций (мг/л)	1,20		2,40	13,23	3,61	13,63				16,3	7,21	8,02
Электропроводность ($\mu\text{Sm}/\text{cm}$)	20,3		32,6	90,9	38,3	38,5				62,7	86,3	24,5
pH	6,85	6,8	6,8	6,83	6,7	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,3
Свинец (мкг/л)	19,76		0,00	63,56	11,60	17,32	42,56			7,8	2,64	1,72
Кадмий (мкг/л)	0,28		0,00	0,08	0,00	0,00	0,00			0,88	0,04	0,40
Медь (мкг/л)	0,00		0,40	2,12	2,00	2,84	4,52			3,00	1,68	0,96
Цинк (мкг/л)	40,44		29,72	30,72	22,08	23,84	58,64			41,64	27,28	16,80
Ртуть (мкг/л)	0,000		0,001	0,000	0,001	0,000	0,001			0,000	0,000	0,000
а - ГХЦГ (мкг/л)	0,005		0,00	0,00	0,00	0,00	0,004			0,00	0,00	0,00
g - ГХЦГ (мкг/л)	0,005		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00
ДДТ (мкг/л)	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00
ДДЭ (мкг/л)	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00
Кол-во осадков (мм)	100,4	1,6	74,7	18,6	89,6	11,7	7,0	6,7	4,6	45,2	34,7	88,0
2017 год												
Сульфаты (мг/л)	1,5	1,9	0,4	0,1	0,4					10,2	1,8	8,2
Хлориды (мг/л)	5,62	6,64	5,96	6,24	4,25					6,38	5,39	7,09
Гидрокарбонаты (мг/л)	0,00	12,20	17,92	7,27	6,45					10,37	10,36	11,9
Аммоний (мг/л)	0,156	0,013	0,00	0,039	0,195					0,065	0,065	0,6
Калий (мг/л)	1,20	0,298	0,153	0,617	0,921					0,569	0,389	1,013
Магний (мг/л)	0,24	0,00	0,00	0,73	2,19					0,00	0,24	0,73
Кальций (мг/л)	12,02	6,41	12,02	8,02	24,04					16,3	18,44	14,43
Электропроводность ($\mu\text{Sm}/\text{cm}$)	31,6	11,57	36,66	20,93	18,6					62,7	31,51	49,67

Ингредиент	ян-варь	фев-раль	мар-т	ап-рель	май	июн-ь	июл-ь	ав-густ	сен-тябрь	ок-тябрь	но-ябрь	де-кабрь
pH	6,85	6,83	6,87	6,80	6,8					6,8	6,8	6,8
Свинец (мкг/л)	6,72	8,40	0,00	0,00	17,0 8					7,8	3,2	4,36
Кадмий (мкг/л)	1,92	0,80	0,00	0,00					6,8	0,88		
Медь (мкг/л)	1,16	11,56	2,64	0,84	4,80					3,00	3,52	3,84
Цинк (мкг/л)	23,92	21,08	20,4 8	30,00	42,0 4					41,64	10,52	5,88
Ртуть (мкг/л)	0,000	0,000	0,00 1	0,000	0,00 1					0,000	0,000	0,000
а - ГХЦГ (мкг/л)	0,005	0,00	0,00	0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
g - ГХЦГ (мкг/л)	0,005	0,00	0,00	0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
ДДТ (мкг/л)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
ДДЭ (мкг/л)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
Кол-во осадков (мм)	75,2	84,7	108, 3	26,8	4,6	-	-	-	2,2	45,2	32,3	11,8

2018 год

Сульфаты (мг/л)		0,94	3,53	7,50	13,7					10,41	4,87	1,4
Хлориды (мг/л)		2,55	3,69	3,69	4,54					3,69	4,25	4,54
Гидрокарбонаты (мг/л)		0,15	3,90	7,73	12,3 2					13,77	0,00	25,00
Аммоний (мг/л)		0,143	0,12	0,117	0,18 2					0,243	0,101	0,096
Калий (мг/л)		0,183	0,04	0,238	0,66					0,56	0,50	0,58
Магний (мг/л)		1,22	0,97	1,22	0,24					0,49	0,97	0,97
Кальций (мг/л)		10,42	3,61	7,21	11,2 2					16,03	7,62	9,62
Электропроводность ($\mu\text{Sm}/\text{cm}$)		28,40	28,8 1	55,9	48,8 0					72,00	45,90	43,23
pH	6,87	6,73	6,81	6,86	6,85	6,76				6,80	6,82	6,82
Свинец (мкг/л)	11,05	17,28	6,23	16,44	11,2 1	13,6 6				6,55	3,684	3,35
Кадмий (мкг/л)	0,02	1,32	0,09	0,77	0,59	0,62				0,46	0,37	0,93
Медь (мкг/л)	3,29	2,42	1,16	1,58	3,68	5,50				1,44	0,72	0,94
Цинк (мкг/л)	12,79	23,05	24,7 5	16,18	24,6 4	22,0 2				13,07	20,39	36,32
Ртуть (мкг/л)		0,000	0,00 0	0,000	0,00 0					0,00	0,000	0,000
а - ГХЦГ (мкг/л)	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,01	0,00	0,00
g - ГХЦГ (мкг/л)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,00	0,00	0,00
ДДТ (мкг/л)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,00	0,00	0,00
ДДЭ (мкг/л)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,00	0,00	0,00
Кол-во осадков (мм)	7,6	35,4	136, 3	31,6	40,6	24,6	-	-	-	79,2	43,2	43,4

2019 год

Сульфаты (мг/л)	8,21	6,74	5,76	6,37	2,20				13,66		9,11	16,5
Хлориды (мг/л)	1,99	1,99	2,55	2,55	1,42				3,69		2,84	3,12
Гидрокарбонаты (мг/л)	24,72	20,20	22,3 2	18,54	10,2 0				19,21		12,67	20,00
Аммоний (мг/л)	0,03	0,27	0,71	0,289	0,10 4				0,183		0,658	0,533
Калий (мг/л)	0,00	0,50	0,07	0,61	0,85				0,27		0,30	0,14
Натрий (мг/л)	0,27	1,84	0,00	1,53	1,56				1,13		0,81	0,11
Магний (мг/л)	2,19	2,19	1,95	2,43	1,22				1,22		1,46	0,97
Кальций (мг/л)	10,82	3,21	4,01	2,00	3,12				4,01		4,01	2,4
Электропроводность ($\mu\text{Sm}/\text{cm}$)	60,6	44,0	47,3	36,8	22,2 0				50,9		46,10	54,3
pH	6,83	6,84	6,87	6,39	6,82	6,86			6,80		6,83	6,76
Свинец (мкг/л)	8,23	9,49	14,2 1	3,68	8,16				16,39		7,96	8,50
Кадмий (мкг/л)	0,40	1,34	1,64	0,16	0,41				0,37		0,50	0,76
Медь (мкг/л)	1,82	2,47	3,41	0,81	1,46				3,17		2,6	4,87
Цинк (мкг/л)	29,72	36,74	78,5	18,30	21,8 8				28,11		38,80	58,75
Ртуть (мкг/л)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,001		0,000	0,00
а - ГХЦГ (мкг/л)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,00		0,00	0,00
g - ГХЦГ (мкг/л)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,00		0,00	0,00
ДДТ (мкг/л)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,00		0,00	0,00
ДДЭ (мкг/л)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,00		0,00	0,00
Кол-во осадков (мм)	90,3	31,0	39,8	214,4	13,1	5,7	-	-	27,9	-	32,6	55,8

2020 год

Сульфаты (мг/л)	3,07	1,12	3,48	1,04	2,12					2,58	9,1
Хлориды (мг/л)	2,84	2,82	3,12	1,27	1,97					0,11	0,19

Ингредиент	ян-варь	фев-раль	мар-т	ап-рель	май	июн-ь	июл-ь	ав-густ	сен-тябрь	ок-тябрь	но-ябрь	де-кабрь
Гидрокарбонаты (мг/л)	13,20	4,80	27,20	10,06	11,60						26,23	19,52
Аммоний (мг/л)	0,041	0,026	0,429	0,117	0,279						0,026	1,365
Калий (мг/л)	0,55	0,23	0,65	0,31	0,40						0,55	0,44
Натрий (мг/л)	1,69	1,84	2,38	1,55	1,57						1,84	0,95
Магний (мг/л)	1,46	1,95	1,46	1,45	1,43						1,22	2,92
Кальций (мг/л)	3,01	3,22	4,21	2,01	2,81						6,01	4,01
Электропроводность ($\mu\text{Sm}/\text{cm}$)	34,5	21,4	57,8	25,5	30,70						55,50	83,2
pH	6,75	6,83	6,90	6,87	6,84	6,80					6,80	6,8
Свинец (мкг/л)	4,42	7,56	13,24	6,01	4,14						10,34	
Кадмий (мкг/л)	0,03	1,32	1,76	1,60	1,08						1,54	
Медь (мкг/л)	3,78	2,58	1,18	4,30	3,36						3,10	
Цинк (мкг/л)	85,36	95,52	97,19	35,79	26,70						31,49	
Ртуть (мкг/л)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001						0,001	0,00
Кол-во осадков (мм)	44,7	134,2	46,2	112,8	138,5	17,7	-	-	-	-	6,5	4,5
2021 год												
Сульфаты (мг/л)	5,7	6,7	5,5	18,00							22,0	18,70
Хлориды (мг/л)	2,27	2,55	2,84	0,57							11,15	5,67
Гидрокарбонаты (мг/л)	7,86	21,40	10,21	0,00							12,03	25,63
Аммоний (мг/л)	0,12	0,40	0,11	0,56							0,17	0,00
Калий (мг/л)	0,39	0,68	0,72	0,52							0,50	0,62
Натрий (мг/л)	1,43	2,11	1,76	1,23							1,50	1,42
Магний (мг/л)	3,16	1,70	0,49	0,73							0,49	1,22
Кальций (мг/л)	2,81	7,21	5,21	8,02							4,01	7,62
Электропроводность ($\mu\text{Sm}/\text{cm}$)	32,0	58,0	48,0	38,0							64,5	78,33
pH	6,8	6,9	6,90	6,8	6,83	6,8					6,90	6,80
Свинец (мкг/л)	5,23	6,36	16,65	10,13	12,88						21,13	5,93
Кадмий (мкг/л)	0,24	0,24	0,30	0,26	0,80						0,65	0,23
Медь (мкг/л)	1,76	3,46	7,21	3,71	4,68						7,01	2,55
Цинк (мкг/л)	23,4	20,86	55,39	39,53	39,46						81,60	16,64
Ртуть (мкг/л)	0,001	0,002	0,000	0,000	0,001						0,000	0,000
Кол-во осадков (мм)	17,1	65,4	125,2	28,9	12,2	17,7	-	-	-	-	35,9	30,4
2022 год												
Сульфаты (мг/л)	10,3	11,8	5,0	5,7	10,2	8,5					8,0	8,7
Хлориды (мг/л)	0,85	1,42	1,70	2,27	2,55	2,84					1,13	1,42
Гидрокарбонаты (мг/л)	35,44	16,25	7,15	9,72	20,65	18,82					18,41	22,87
Аммоний (мг/л)	0,05	0,03	0,15	0,02	1,05	0,05					0,01	0,16
Калий (мг/л)	0,42	0,59	0,85	0,29	0,41	0,85					0,83	1,09
Натрий (мг/л)	1,47	1,32	1,68	0,91	1,11	1,63					2,64	1,86
Магний (мг/л)	1,46	1,46	0,97	0,73	3,89	0,97					0,49	1,34
Кальций (мг/л)	6,41	4,41	4,81	3,61	6,42	2,40					9,62	12,83
Электропроводность ($\mu\text{Sm}/\text{cm}$)	84,9	44,7	41,1	46,2	66,90	73,90					56,4	69,0
pH	6,83	6,77	6,79	6,80	6,83	6,80					6,80	6,81
Свинец (мкг/л)	4,1	3,79	4,71	1,92	1,80	0,51					2,02	0,16
Кадмий (мкг/л)	0,32	0,18	0,24	0,14	0,16	0,18					0,21	0,15
Медь (мкг/л)	1,50	1,18	0,82	2,87	1,86	0,59					1,15	0,08
Цинк (мкг/л)	8,83	11,62	34,33	12,50	12,79	6,38					4,74	7,00
Ртуть (мкг/л)	0,000	0,001	0,001	0,000	0,002						0,000	0,000
Кол-во осадков (мм)	43,7	127,6	316,1	8,3	75,3	12,1	-	-	-	-	42,7	146,3

Таблица 4.3.3 Данные анализов проб снежного покрова 2015 – 2022 гг. (февраль)

Ингредиент	2015г.	2016.г	2017г.	2018г.	2019г.	2020г.	2021г.	2022г.
Сульфаты (мг/л)	6,8	7,3	0,5	4,91	5,27	4,16	4,50	3,00
Хлориды (мг/л)	0,77	4,08	4,25	2,27	3,40	4,25	2,84	1,42
Гидрокарбонаты (мг/л)	8,54	3,66	1,77	1,42	17,81	27,35	67,11	3,55

Аммоний (мг/л)	0,611	0,169	0,28	0,040	0,820	0,586	2,450	0,35
Калий (мг/л)	0,554	0,553	0,56	0,34	0,839	0,504	0,85	2,79
Натрий (мг/л)					2,132	2,761	3,59	0,55
Магний (мг/л)	1,22	5,11	0,73	2,19	2,19	2,92	1,24	1,7
Кальций (мг/л)	2,00	1,40	7,62	9,62	5,61	9,62	12,02	1,2
Электропроводность ($\mu\text{Sm}/\text{cm}$)	20,9	14,9	15,0	49,9	50,1	57,5	52,0	21,9
pH	6,55	6,75	6,9	5,7	7,0	6,8	6,9	6,4
Свинец (мкг/л)	11,28	39,00	6,48	6,12	39,62	21,16	4,05	7,82
Кадмий (мкг/л)	0,12	0,48	0,08	0,75	1,83	0,15	0,24	0,08
Медь (мкг/л)	3,96	6,72	4,24	1,5	7,02	4,37	2,82	3,22
Цинк (мкг/л)	47,68	32,76	18,84	29,11	21,99	53,73	12,7	16,7
Ртуть (мкг/л)	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,002
а - ГХЦГ (мкг/л)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
г - ГХЦГ (мкг/л)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
ДДТ (мкг/л)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
ДДЭ (мкг/л)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			

Таблица 4.3.4 Данные анализов проб почвы 2015- 2022 гг. (август)

место отбора	Hg (мг/кг)	Pb (мг/кг)	Cd (мг/кг)	Cu (мг/кг)	Zn (мг/кг)
2015 год					
Полевая База	0,001	7,63	0,43	4,31	6,00
Кушкутан	0,000	14,21	0,35	11,35	20,50
2016 год					
Полевая База	0,000	19,25	0,63	8,34	30,00
Кушкутан	0,000	30,20	1,53	10,40	94,90
Петросай	0,000	21,26	2,05	7,30	34,05
Кизилолма	0,000	28,17	1,25	8,67	66,85
2017 год					
Полевая База	0,000	19,22		7,36	32,35
Кушкутан	0,000	24,23		10,80	35,62
Петросай	0,001	29,31		4,78	19,11
Кизилолма	0,000	14,57		6,75	29,29
2018 год					
Полевая База	0,002	26,00	0,67	34,04	0,67
Кушкутан	0,000	20,98	0,70	66,80	0,70
Петросай	0,003	24,94	0,52	24,92	0,52
Кизилолма	0,001	18,76	0,57	39,94	0,57
2019 год					
Полевая База	0,000	19,20	0,63	9,10	27,33
Кушкутан	0,000	13,46	0,58	15,72	22,78
Петросай	0,000	35,77	0,47	9,15	33,19
Кизилолма	0,000	13,36	0,30	5,34	17,37
2020 год					
Полевая База	0,001	16,80	0,42	7,47	15,49
Кушкутан	0,000	24,72	0,22	10,47	29,81
2021 год					
Полевая База	0,017	17,82	0,69	6,67	18,72
Кушкутан	0,021	17,04	0,66	9,10	33,22
Петросай	0,000	9,15	0,30	6,35	46,23
Кизилолма	0,000	17,22	0,49	8,41	18,6
2022 год					
Полевая База	0,002	20,54	0,48	8,04	19,39
Кушкутан	0,001	20,88	0,54	14,91	21,69
Петросай	0,000	26,50	0,38	3,27	18,17
Кизилолма	0,000	27,72	0,73	8,58	21,16

Таблица 4.3.5 Данные анализов растительности 2015-2022 гг. (август)

место отбора	вид, наименование	Hg (мг/кг)	Pb (мг/кг)	Cd (мг/кг)	Cu (мг/кг)	Zn (мг/кг)
2015 г.						
Полевая База	Опад арчи	0,000	5,66	0,03	1,01	8,33
Полевая База	Разнотравье	0,000	3,40	0,09	1,59	7,25
Полевая База	Mox	0,001	43,17	0,57	13,23	20,43
Кушкутан	Опад арчи	0,000	2,44	0,02	0,77	3,15
Кушкутан	Разнотравье	0,000	2,48	0,08	1,25	7,59
Кушкутан	Mox	0,000	135,10	0,98	15,60	32,81

место отбора	вид, наименование	Hg (мг/кг)	Pb (мг/кг)	Cd (мг/кг)	Cu (мг/кг)	Zn (мг/кг)
2016 г.						
Полевая База	Опад арчи	0,000	1,50	0,05	3,75	7,18
Полевая База	Разнотравье	0,000	1,26	0,20	4,33	36,75
Полевая База	Мох	0,000	10,01	1,13	8,73	45,25
Кушкутан	Опад арчи	0,000	1,10	0,03	3,40	6,30
Кушкутан	Разнотравье	0,000	1,23	0,38	5,90	21,88
Кушкутан	Мох	0,000	60,20	1,23	26,13	62,93
Петросай	Опад арчи	0,000	1,01	0,01	3,30	4,50
Петросай	Разнотравье	0,000	1,27	0,35	7,78	26,58
Петросай	Мох	0,000	3,24	0,03	3,80	21,30
Кизилолма	Опад арчи	0,000	0,93	0,05	3,90	6,25
Кизилолма	Разнотравье	0,000	0,94	0,25	4,45	13,50
Кизилолма	Мох	0,000	11,00	1,45	9,48	37,95
2017 г.						
Полевая База	Опад арчи	0,000	3,05		0,10	71,12
Полевая База	Разнотравье	0,000	3,55		3,38	46,38
Полевая База	Мох	0,001	106,62		23,1	60,05
Кушкутан	Опад арчи	0,000	2,62		0,35	65,75
Кушкутан	Разнотравье	0,000	1,88		3,68	22,92
Кушкутан	Мох	0,000	81,62		17,35	49,90
Петросай	Опад арчи	0,000	0,85		1,62	49,55
Петросай	Разнотравье	0,000	0,21		1,25	121,02
Петросай	Мох	0,000	22,72		6,75	35,78
Кизилолма	Опад арчи	0,000	4,00		0,15	14,10
Кизилолма	Разнотравье	0,000	0,80		2,00	92,70
Кизилолма	Мох	0,000	81,75		29,35	63,48
2018 г.						
Полевая База	Опад арчи	0,006	6,53	0,28	2,34	11,80
Полевая База	Разнотравье	0,000	3,73	0,26	3,14	16,25
Полевая База	Мох	0,001	76,63	0,78	19,48	76,30
Кушкутан	Опад арчи	0,000	6,80	0,35	3,07	21,07
Кушкутан	Разнотравье	0,000	5,08	0,31	4,95	23,89
Кушкутан	Мох	0,000	29,91	1,14	23,38	76,65
Петросай	Опад арчи	0,000	5,04	0,34	3,67	20,12
Петросай	Разнотравье	0,000	5,58	0,51	4,22	21,06
Петросай	Мох	0,001	29,84	1,26	6,46	123,70
Кизилолма	Опад арчи	0,000	4,48	0,22	3,08	18,05
Кизилолма	Разнотравье	0,001	7,88	0,53	5,48	70,98
Кизилолма	Мох	0,000	26,67	0,88	10,81	151,28
2019 г.						
Полевая База	Опад арчи	0,001	14,53	0,36	4,95	41,62
Полевая База	Разнотравье	0,000	3,71	0,84	4,02	35,95
Полевая База	Мох	0,000	125,2	2,38	22,19	104,62
Кушкутан	Опад арчи	0,000	7,10	0,25	3,56	28,45
Кушкутан	Разнотравье	0,000	5,01	0,30	5,28	32,66
Кушкутан	Мох	0,001	15,56	0,47	28,44	33,67
Петросай	Опад арчи	0,003	9,94	0,35	4,09	33,64
Петросай	Разнотравье	0,001	5,80	0,28	5,48	35,11
Петросай	Мох	0,000	41,68	0,98	12,38	82,61
Кизилолма	Опад арчи	0,000	7,30	0,22	4,84	34,28
Кизилолма	Разнотравье	0,000	5,48	0,23	3,79	34,02
Кизилолма	Мох	0,000	65,98	1,30	17,07	53,22
2020 г.						
Полевая База	Опад арчи	0,000	9,05	0,42	1,56	16,73
Полевая База	Разнотравье	0,000	4,54	0,22	3,62	36,783
Полевая База	Мох	0,001	126,60	1,58	11,14	84,39
Кушкутан	Опад арчи	0,000	2,13	0,52	0,93	9,49
Кушкутан	Разнотравье	0,000	4,13	0,22	2,50	22,95
Кушкутан	Мох	0,001	101,86	1,51	15,52	64,50
2021 г.						
Полевая База	Опад арчи	0,000	10,14	0,22	3,13	19,98
Полевая База	Разнотравье	0,000	3,26	0,18	3,50	21,54
Полевая База	Мох	0,003	111,06	2,48	19,95	76,53
Кушкутан	Опад арчи	0,001	5,17	0,17	2,16	13,26
Кушкутан	Разнотравье	0,000	4,30	0,31	5,00	20,07
Кушкутан	Мох	0,007	92,69	1,14	9,35	44,96
Петросай	Опад арчи	0,000	4,93	0,14	1,73	14,23
Петросай	Разнотравье	0,000	4,55	0,29	4,76	24,45
Петросай	Мох	0,001	20,97	0,86	5,53	42,14
Кизилолма	Опад арчи	0,000	4,99	0,17	2,23	16,05
Кизилолма	Разнотравье	0,000	5,76	0,35	5,00	32,80
Кизилолма	Мох	0,000	67,93	1,72	20,41	48,43

место отбора	вид, наименование	Hg (мг/кг)	Pb (мг/кг)	Cd (мг/кг)	Cu (мг/кг)	Zn (мг/кг)
2022 г.						
Полевая База	Опад арчи	0,001	6,22	0,15	1,63	15,34
Полевая База	Разнотравье	0,000	5,61	0,24	4,84	44,00
Полевая База	Мох	0,002	117,74	2,06	13,93	54,01
Кушкутан	Опад арчи	0,000	5,89	0,08	1,76	15,59
Кушкутан	Разнотравье	0,000	7,18	0,23	4,40	34,07
Кушкутан	Мох	0,001	57,34	1,06	17,56	48,06
Петросай	Опад арчи	0,000	10,02	0,58	2,69	25,40
Петросай	Разнотравье	0,000	6,31	0,38	6,09	46,65
Петросай	Мох	0,000	60,85	1,36	18,18	43,14
Кизилолма	Опад арчи	0,001	9,93	0,21	2,41	24,33
Кизилолма	Разнотравье	0,000	8,00	0,44	4,63	44,75
Кизилолма	Мох	0,006	184,36	3,30	33,74	57,15

Таблица 4.3.6 Данные анализов проб поверхностных вод 2015- 2022 гг.

Месяц	Место отбора	SO ₄ мг/л	Cl мг/л	HCO ₃ мг/л	NH ₄ мг/л	K мг/л	Mg мг/л	Ca мг/л	электропроводность mS/cm/с	pH	Rb мкг/л	Cd мкг/л	Cu мкг/л	Zn мкг/л	Nb мкг/л	α-T ХЦГ мкг/л	γ-T ХЦГ мкг/л	ДДЕ мкг/л	ДДГ мкг/л
2015 год																			
январь	Полевая база	14,3	1,53	86,62	0,026	0,97	7,3	32,06	195,0	7,3	0,00	0,64	0,80	5,04	0,0	0,00	0,00	0,00	
март	Полевая база	4,3	1,79	53,07	0,104	0,57	3,65	19,64	115,4	7,2	0,00	0,12	1,24	24,04	0,0	0,00	0,00	0,00	
май	Полевая база	10,9	3,32	79,3	0,026	0,61	5,11	27,66	170,9	7,1	0,76	0,36	0,56	26,2	0,0	0,00	0,00	0,00	
июль	Полевая база	16,0	1,02	90,28	0,078	0,54	6,08	31,26	195,5	7,1	0,00	0,48	0,24	3,88	0,0	0,00	0,00	0,00	
август	Полевая база	17,0	1,79	99,43	0,026	0,56	6,08	34,87	214,4	7,3	0,00	0,64	0,64	1,48	0,0	0,00	0,00	0,00	
август	Кыштупан	9,8	1,79	79,3	0,039	0,8	2,43	33,27	177,4	7,4	0,00	0,48	0,40	12,8	0,0	0,00	0,00	0,00	
сентябрь	Полевая база	16,6	1,02	100,65	0,104	1,95	7,30	35,27	226,4	7,9	0,00	0,36	1,36	6,40	0,0	0,00	0,00	0,00	
ноябрь	Полевая база	16,6	1,79	70,15	0,026	1,15	3,40	28,06	179,0	7,3	0,68	0,44	1,48	6,76	0,0	0,00	0,00	0,00	
2016 год																			
январь	Полевая база	13,7	2,55	87,23	0,117	1,08	8,51	25,65	20,2	7,5	6,84	0,28	0,40	34,92	0,000	0,00	0,00	0,00	
март	Полевая база	6,7	2,81	70,76	0,026	0,69	2,92	23,25	178,5	7,5	0,00	0,00	0,00	6,00	0,001	0,00	0,00	0,00	
май	Полевая база	15,4	2,55	81,74	0,117	0,70	0,97	26,05	187,2	7,6	0,56	0,00	0,56	1,20	0,000	0,00	0,00	0,00	
июль	Полевая база	11,7	7,66	85,40	0,091	0,66	0,00	37,27	208,4	6,4	0,00	0,00	0,80	0,00	0,047	0,019	0,00	0,00	
август	Полевая база	12,7	5,87	89,06	0,013	1,04	2,68	35,67	200,7	6,0	8,96	0,00	0,84	0,80	0,000	0,039	0,014	0,00	
август	Кыштупан	12,6	2,30	73,20	0,026	1,01	0,73	28,06	161,0	6,1	1,96	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	
август	Петросай	11,8	5,87	90,89	0,026	0,66	3,16	34,47	204,8	6,0	7,24	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	
август	Кызыл-ольча	7,7	5,10	112,85	0,117	0,52	0,24	26,05	145,8	7,2	7,72	0,00	0,32	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	
сентябрь	Полевая база	18,9	6,64	90,87	0,078	0,60	0,24	39,28	204,2	6,3	7,08	0,44	1,20	0,56	0,000	0,00	0,00	0,00	
ноябрь	Полевая база	9,0	5,87	96,99	0,013	0,25	0,24	31,66	162,0	6,7	0,00	0,76	0,92	2,28	0,000	0,00	0,00	0,00	
2017 год																			
январь	Полевая база	9,5	6,89	91,63	0,000	0,22	0,00	38,88	158,0	6,6	2,36	0,48	0,00	14,32	0,000	0,00	0,00	0,00	
март	Полевая база	4,4	7,09	46,07	0,000	0,34	0,49	32,06	168,7	7,3	0,00	0,08	1,64	3,24	0,000	0,00	0,00	0,00	
май	Полевая база	4,8	4,54	81,19	0,273	0,06	0,89	27,66	153,0	6,8	1,40	0,00	1,92	72,96	0,000	0,00	0,00	0,00	
июль	Полевая база	12,5	3,4	32,94	0,169	1,69	0,49	38,08	194,9	5,4	0,00	1,80	2,08	0,001	0,000	0,00	0,00	0,00	
август	Полевая база	10,3	3,97	67,59	0,67	0,67	0,24	38,88	205,6	5,5	6,40	3,68	4,44	0,000	0,039	0,000	0,00	0,00	
август	Кыштупан	10,1	4,25	100,66	0,052	1,65	1,22	32,06	160,3	5,5	6,56	1,72	9,80	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	
август	Петросай	7,2	3,69	128,67	0,338	0,67	0,49	39,28	189,7	5,1	0,00	1,64	9,24	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	
август	Кызыл-ольча	4,9	4,82	106,11	0,107	2,02	0,24	24,85	179,6	5,6	10,40	2,24	10,24	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	
сентябрь	Полевая база	13,1	3,97	54,58	0,078	2,14	1,22	31,27	210,8	5,5	2,40	1,12	3,40	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	
ноябрь	Полевая база	13,0	5,67	107,38	0,013	0,57	0,49	33,27	212,4	6,0	3,72	2,12	2,16	0,000	0,015	0,00	0,00	0,00	
2018 год																			
январь	Полевая база	7,5	5,10	107,36	0,091	0,81	6,57	29,26	204,5	6,9	6,54	0,31	0,40	0,90	0,000	0,00	0,00	0,00	
март	Полевая база	7,8	6,24	68,03	0,224	0,24	3,65	18,44	131,2	7,5	10,08	0,70	0,63	3,90	0,000	0,00	0,00	0,00	
май	Полевая база	3,7	5,67	89,06	0,403	4,20	0,59	4,13	20,84	153,6	6,8	5,51	0,53	2,79	0,000	0,00	0,00	0,00	
июль	Полевая база	3,7	4,25	127,93	0,273	3,64	0,74	1,70	37,27	201,0	8,0	6,21	0,62	5,55	0,000	0,00	0,00	0,00	
август	Полевая база	2,4	3,69	131,42	0,442	3,99	0,62	2,43	34,47	186,9	8,1	6,97	0,66	0,94	2,56	0,000	0,00	0,00	
август	Кыштупан	1,9	4,82	124,49	0,156	2,84	0,56	0,97	34,47	163,1	7,8	6,66	0,64	0,60	0,000	0,00	0,00	0,00	
август	Петросай	4,5	4,54	113,09	0,130	2,45	0,52	5,84	26,45	150	7,7	6,74	0,68	0,51	1,15	0,000	0,00	0,00	
август	Кызыл-ольча	3,9	2,84	145,06	0,312	4,44	0,68	3,65	32,87	208,0	7,5	7,57	0,67	0,48	0,60	0,000	0,00	0,00	
сентябрь	Полевая база	8,0	3,69	135,35	0,074	3,18	0,87	4,38	27,25	172,6	7,5	3,72	0,36	1,21	2,10	0,000	0,00	0,00	
ноябрь	Полевая база	8,0	2,55	116,22	0,056	2,90	0,07	5,35	30,06	182,0	7,7	6,80	0,39	1,32	2,67	0,000	0,00	0,00	
2019 год																			
январь	Полевая база	22,6	2,55	116,22	0,056	2,90	0,07	5,35	30,06	182,0	7,7	6,80	0,39	1,32	2,67	0,000	0,00	0,00	

Месяц	Место отбора	2020 год						2021 год						2022 год					
		SO ₄ мг/л	Cl мг/л	HCO ₃ мг/л	NH ₄ мг/л	K мг/л	Mg мг/л	Ca мг/л	электро- провод- ность мСм/см	pH	Pb мкг/л	Cd мкг/л	Cu мкг/л	Zn мкг/л	Hg мкг/л	α-ГХЦГ мкг/л	γ-ГХЦГ мкг/л	ΔДЕ мкг/л	ΔДТ мкг/л
Март	Полевая база	10,8	2,55	60,47	0,104	2,27	0,38	4,86	21,64	125,7	7,4	3,44	0,34	1,49	9,89	0,00	0,00	0,00	
Май	Полевая база	11,9	1,42	82,16	0,104	3,89	0,71	4,86	22,85	152,4	6,8	3,26	0,42	0,82	2,51	0,00	0,00	0,00	
Июль	Полевая база	10,7	3,69	106,93	0,033	3,90	0,43	0,97	16,83	172,3	7,6	4,85	0,50	1,53	1,69	0,001	0,00	0,00	
август	Полевая база	12,8	3,12	95,81	0,005	4,10	0,31	4,86	15,23	184,9	6,9	7,10	0,65	3,44	2,41	0,001	0,00	0,00	
август	Кушугум	10,2	3,4	90,1	0,003	3,46	0,25	4,38	16,03	181,5	7,2	5,03	0,54	2,54	2,81	0,00	0,00	0,00	
август	Петрой	12,3	4,25	95,32	0,004	2,02	0,13	4,38	15,23	186,1	7,2	7,66	0,47	2,78	2,58	0,00	0,00	0,00	
август	Кызылочча	10,2	3,97	78,97	0,000	2,7	0,14	3,40	11,22	131,3	7,4	4,62	0,39	1,84	2,51	0,00	0,00	0,00	
сентябрь	Полевая база	14,0	4,25	120,06	0,007	4,53	0,36	1,70	18,44	208,0	6,8	3,63	0,48	0,88	3,81	0,001	0,00	0,00	
ноябрь	Полевая база	12,6	4,25	100,13	0,044	4,30	0,41	5,35	17,23	194,4	6,8	4,87	0,57	1,53	2,64	0,00	0,00	0,00	
январь	Полевая база	35,2	12,55	58,7	0,418	3,87	0,55	5,35	16,03	170,6	6,8	9,19	1,31	1,25	1,70	0,00			
Март	Полевая база	20,5	15,66	40,87	0,026	3,68	0,73	3,89	16,83	134,4	6,8	6,25	1,38	2,97	9,42	0,00			
май	Полевая база	28,3	12,96	55,03	0,613	4,55	0,73	0,97	12,83	171,5	6,8	3,58	0,30	9,00	1,30	0,00			
июль	Полевая база	10,1	4,25	103,47	0,182	5,19	0,94	3,65	16,03	193,6	6,8	2,49	0,52	0,78	0,07	0,00			
август	Полевая база	16,3	11,82	96,6	0,064	4,18	0,63	2,43	16,83	200	7,1	3,73	0,54	1,42	1,18	0,01			
август	Кушугум	14,3	13,1	76,56	0,091	3,27	0,42	1,7	19,24	173,2	7,1	2,22	0,52	0,84	0,39	0,01			
сентябрь	Полевая база	16,7	9,25	107,9	0,086	3,91	0,73	1,95	16,03	213,0	7,1	4,21	0,32	1,27	1,64	0,001			
ноябрь	Полевая база	26,3	0,20	120,78	1,586	3,34	0,48	4,13	19,24	203,0	6,2	3,51	0,56	2,01	3,49	0,00			
январь	Полевая база	14,0	3,40	77,8	0,01	3,95	0,75	6,32	14,43	169,0	6,9	5,54	0,36	1,28	2,87	0,00			
Март	Полевая база	20,5	0,85	50,2	0,01	3,62	0,91	4,13	8,42	122,0	7,0	7,75	0,23	4,14	11,66	0,00			
май	Полевая база	5,6	1,42	89,55	0,01	3,71	0,95	3,16	10,02	161,2	6,8	5,47	0,32	1,18	2,74	0,00			
июль	Полевая база	3,5	1,42	103,97	0,02	2,85	0,81	3,40	15,23	210,0	7,1	6,41	0,43	2,23	3,09	0,00			
август	Полевая база	17,6	2,55	93,1	0,01	2,07	0,23	5,35	16,03	213,0	7,0	5,94	0,58	1,76	3,46	0,00			
август	Кушугум	12,1	1,99	74,88	0,00	1,98	0,27	3,16	14,03	179,6	7,1	3,76	0,32	3,83	6,07	0,01			
август	Петрой	12,0	9,93	84,33	0,01	1,41	0,14	5,11	14,43	201,0	7,2	6,76	0,65	1,88	5,52	0,00			
август	Кызылочча	5,1	2,27	85,13	0,00	1,76	0,17	4,13	13,63	187,3	7,0	4,96	0,51	1,18	3,45	0,00			
сентябрь	Полевая база	17,3	1,42	134,33	0,05	3,86	0,97	3,16	16,83	239,0	6,5	4,82	0,26	0,81	16,34	0,00			
ноябрь	Полевая база	26,8	1,70	99,74	0,09	3,72	0,89	6,57	17,64	236,0	6,6	5,52	0,30	0,32	4,55	0,00			
январь	Полевая база	14,0	3,40	77,8	0,01	3,95	0,75	6,32	14,43	169,0	6,9	5,54	0,36	1,28	2,87	0,00			
Март	Полевая база	20,5	0,85	50,2	0,01	3,62	0,91	4,13	8,42	122,0	7,0	7,75	0,23	4,14	11,66	0,00			
май	Полевая база	5,6	1,42	89,55	0,01	3,71	0,95	3,16	10,02	161,2	6,8	5,47	0,32	1,18	2,74	0,00			
июль	Полевая база	3,5	1,42	103,97	0,02	2,85	0,81	3,40	15,23	210,0	7,1	6,41	0,43	2,23	3,09	0,00			
август	Полевая база	17,6	2,55	93,1	0,01	2,07	0,23	5,35	16,03	213,0	7,0	5,94	0,58	1,76	3,46	0,00			
август	Кушугум	12,1	1,99	74,88	0,00	1,98	0,27	3,16	14,03	179,6	7,1	3,76	0,32	3,83	6,07	0,001			
август	Петрой	12,0	9,93	84,33	0,01	1,41	0,14	5,11	14,43	201,0	7,2	6,76	0,65	1,88	5,52	0,000			
август	Кызылочча	5,1	2,27	85,13	0,00	1,76	0,17	4,13	13,63	187,3	7,0	4,96	0,51	1,18	3,45	0,000			
сентябрь	Полевая база	17,3	1,42	134,33	0,05	3,86	0,97	3,16	16,83	239,0	6,5	4,82	0,26	0,81	16,34	0,000			
ноябрь	Полевая база	26,8	1,70	99,74	0,09	3,72	0,89	6,57	17,64	236,0	6,6	5,52	0,30	0,32	4,55	0,000			

5. ФОНОВОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ НА ТЕРРИТОРИИ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА В ПЕРИОД 2016-2022 ГОДОВ

Целью исследований являлось продолжение наблюдений с целью оценки состояния загрязнения основных объектов окружающей среды (почвы, растительности, поверхностных вод и атмосферного воздуха) на территории нижнего кордона Саралинского участка Волжско-Камского государственного биосферного заповедника (ВКБЗ). Результаты первых исследований за 2011-2015 гг. были представлены в «Летописи Природы» книга 53 за 2015 г. Конечной задачей проводимых исследований является выдача рекомендаций по выбору места расположения и организации на территории ВКБЗ станции комплексного фонового мониторинга.

Наблюдения проводились в соответствии с типовой программой работы станции комплексного фонового мониторинга. В объектах природной среды измерялось содержание тяжелых металлов (ртуть, свинец, кадмий, медь), полиароматических углеводородов (ПАУ – 3,4-бензпирен и 1,12-бензперилен), хлорорганических пестицидов (ХОП – ДДТ и ГХЦГ), взвешенных частиц (в атмосферном воздухе), определялись основные метеорологические параметры (температура, давление, влажность воздуха, облачность, направление и скорость ветра). Это позволяло анализировать зависимость уровней наблюдаемых в атмосферном воздухе концентраций от направления ветра и других метеоусловий.

Наблюдения осуществлялись методом последовательного (в течение 9-11 суток) 24-часового отбора проб аэрозолей из атмосферного воздуха на фильтры и разовых отборов проб почвы, растительности и поверхностных вод. Охватываемые периоды наблюдений в различные годы – с июля по декабрь. Измерения всех проб производились в аналитической лаборатории ФГБУ «ИГКЭ», где также проводятся измерения всех проб, поступающих с сети станций комплексного фонового мониторинга (КФМ).

Результаты всех измерений представлены в таблицах 5.1-5.5.

Атмосферный воздух.

Атмосферный воздух является наиболее подвижной и изменчивой средой, в которой загрязняющие вещества способны переноситься на большие расстояния. Наличие большой по площади прилегающей к району наблюдения водной акватории и лесного массива в значительной степени способствуют очищению воздушных масс в приземном слое атмосферы. В наибольшей степени это проявляется в теплый период года, когда водная акватория свободна от льда и в наименьшей степени – в зимний период.

Представленные в таблице 5.1 . результаты показывают, что во все периоды наблюдений 2016-22 годов концентрации всех измерявшихся химических веществ были низкими. Значения их концентраций были сопоставимы и даже ниже, чем на других станциях КФМ РФ (в Приокско-Террасном, Воронежском, Кавказском и Астраханском биосферных заповедниках). Случаев повышенных значений концентрации, а тем более превышений значений предельно-допустимых концентраций (ПДКс.с.) в период наблюдений отмечено не было.

В летний период явной зависимости значений концентраций от метеоусловий и направлений ветра выявлено не было. В зимний период, в декабре 2016 года, было отмечено заметное возрастание в воздухе концентрации полиароматических углеводородов (3,4-БП и 1,12-БПЛ), которые являются продуктами сгорания ископаемого топлива, а также поступают с выбросами автотранспорта.

В таблице 5.2 представлена внутригодовая динамика (с марта по декабрь) концентраций, осредненных за отдельные периоды наблюдений (начиная с 2012 года). Они показывают близкие уровни концентрации всех изучаемых металлов в воздухе с марта по декабрь без существенной годовой динамики. Однако, концентрации 3,4-БП и 1,12- БПЛ имеют повышенные значения в более холодные периоды года – в марте и декабре, когда увеличивается их поступление в атмосферу от различных антропогенных источников.

Таблица 5.1. Содержание некоторых химических веществ в воздухе на территории нижнего кордона Саралинского участка Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника в 2016-22 годах.

Дата измерения	Концентрация						
	мкг/м3	Ртуть	Свинец	Кадмий	Медь	3,4-БП	1,12-БПЛ
2016 год							
28 ноября	8,6	1,2	3,6	0,084	5,1	0,014	0,007
29	10,1	0,89	2	0,084	7,0	0,055	0,021
30	14,1	1,47	3,3	0,19	8,6	0,083	0,029
1 декабря	15	1,4	2,9	0,15	6,7	0,084	0,028
2	13,3	1,4	22	0,32	29	0,032	0,014
3	10,7	1,4	1,1	0,042	4,4	0,225	0,078
4	16,2	3,1	2,3	0,083	8,9	0,095	0,035
5	14,6	-	2,8	0,14	5,0	0,089	0,063
Ср. геом.	12,6	1,45	3,2	0,12	7,7	0,065	0,0027
2017 год							
1 августа	19	2,1	1,7	0,31	-	0,0008	0,0002
2	18,9	2,2	3,9	0,37	-	0,0027	0,0019
3	17,1	2,3	4,8	0,25	-	0,0017	0,0015
4	13,3	2,2	2,3	0,11	-	0,0035	0,0024
5	13,0	1,1	2,3	0,27	-	0,0038	0,0041
6	12,8	2,2	2,7	0,15	-	0,0034	0,0020
7	18,1		4,7	0,22	-	0,0030	0,0019
08	6,7	1,0	3,3	0,24	-	0,0031	0,0011
Ср. геом.	6,4	1,78	2,7	0,19	-	0,0055	0,0015
2018 год							
27 июля	31,7	-	9,3	0,20	6,8	-	-
28	24,1	-	2,6	0,075	53,3	-	-
29	11,4	-	2,1	0,055	8,0	-	-
30	20,3	-	7,9	0,18	28	-	-
31	17,2	-	4,3	0,14	22	-	-
1 августа	13,6	-	4,4	0,033	12,5	-	-
2	20,2	-	1,8	0,032	6,1	-	-
3	17,4	-	10,9	0,069	8,7	-	-
4	18,5	-	8,8	0,10	12,6	-	-
5	19,8	-	1,4	0,046	5,8	-	-
Ср. геом.	18,7	-	4,2	0,077	12,4	-	-
2019 год							
30 июля	20,2	4,1	2,0	0,25	8,6	-	-
31	18,5	2,1	4,6	0,1	7,1	-	-
1 августа	15,6	12	0,75	0,05	2,4	-	-
2	14,3	3,3	0,68	0,05	3,1	-	-
3	20,8	0,22	1,4	0,05	5,4	-	-
4	23,7	1,1	2,4	0,14	17,2	-	-
5	13,5	0,08	1,3	0,05	3,3	-	-
6	17,6	2,3	1,6	0,047	3,2	-	-
7	16,7	1,7	1,2	0,065	6,5	-	-
8	22,7	3,2	7,8	0,12	7,7	-	-
Ср. геом.	18,1	1,55	1,77	0,078	5,4	-	-
2022 год							
15 августа	25,9	-	0,71	0,056	3,7	-	-
16	23,2	-	0,54	0,037	1,7	-	-
17	25,1	-	0,96	0,025	0,096	-	-
18	36,8	-	3,9	0,13	5,0	-	-
19	49,0	-	5,9	0,28	3,5	-	-
20	25,0	-	2,36	0,10	3,4	-	-
21	20,5	-	1,9	0,055	3,3	-	-
22	24,3	-	0,5	0,026	2,4	-	-
23	25,1	-	1,5	0,035	2,8	-	-
24	25,1	-	0,33	0,029	2,2	-	-
25	27,1	-	1,8	0,025	4,2	-	-
Ср. геом.	27,1		1,29	0,034	2,25	-	-
ПДК с.с.	150	300	300	300	1000	1,0	-

Поверхностные воды.

В период 2016-22 годов пробы для измерения концентрации тяжелых металлов, ХОП и ПАУ отбирались из поверхностного слоя воды в средней части рек Волга и Кама выше места их слияния. Результаты измерений представлены в таблице 5.3.

Представленные в таблице данные показывают, что средние уровни концентрации ртути, свинца и кадмия в поверхностных водах Волги и Камы близки между собой, составляют в среднем около 0,09, 1,05 и 0,03 мкг/л соответственно и не превышают рыбохозяйственных значений ПДК. Содержание меди в реке Волга было регулярно более высоким, чем в реке Кама и составляло в среднем соответственно 9,16 и 3,76 мкг/л, что несколько выше ПДКр.х., но существенно ниже общехозяйственных значений ПДК.

Таблица 5.2. Внутригодовая изменчивость осредненных за отдельные периоды наблюдений (с марта по декабрь) значения концентраций изучаемых загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на территории Саралинского участка заповедника за период 2012 - 22 гг.

Месяц измерения	Средние геометрические значения концентрации						
	мкг/м ³	нг/м ³					
	Взвешенные частицы	Ртуть	Свинец	Кадмий	Медь	3,4-БП	1,12-БПЛ
Март 2013 г.	12,8	-	5,1	0,18	1,6	0,0024	0,0036
Июль 2012 г.	-	1,6	4,8	0,12	-	0,0010	0,0017
Июль-авг. 2018 г	18,7	4,2	4,2	0,08	12,4	-	-
Июль-авг. 2019 г	18,1	1,6	1,8	0,08	5,4	-	-
Август 2017 г.	13,0	1,8	2,6	0,19	-	0,0027	0,0015
Август 2022 г.	27,1	-	1,3	0,03	2,3	-	-
Сентябрь 2014 г.	19,2	4,7	2,2	0,06	4,6	0,0013	0,0023
Сентябрь 2015 г.	41,2	1,3	0,94	0,07	-	0,0017	0,0016
Декабрь 2016 г.	12,6	1,4	3,2	0,12	7,6	0,0652	0,0270

Таблица 5.3. Содержание некоторых химических веществ в поверхностных водах рек Волга и Кама вблизи территории нижнего кордона Саралинского участка ВКБЗ в 2016-22 гг.

Река	Дата отбора	Концентрация								
		мкг/л				нг/л				
		Hg	Pb	Cd	Cu	γ-ГХЦГ	ДДТ	ΣДДТ	3,4-БП	1,12-БПЛ
Кама	5.12.16	0,065	2,55	0,074	3,9	-	-	-	-	-
Волга	5.12.16	0,031	1,70	0,067	19,0	-	-	-	-	-
Кама	9.08.17	0,11	0,54	0,015	2,37	3,1	4,1	4,3	0,79	0,95
Волга	9.08.17	0,20	0,79	п.о.	7,76	3,3	16,8	40,2	12,18	1,32
Кама	24.8.22	0,083	0,42	0,007	0,75	-	-	-	-	-
Волга	25.8.22	0,054	0,42	0,011	0,72	-	-	-	-	-
Кама	Среднее	0,086	1,17	0,032	3,76	-	-	-	-	-
Волга	Среднее	0,095	0,94	0,028	9,16	-	-	-	-	-
ПДКр.х.		0,01	6,0	5,0	1,0	10	-	10	1,0	-
ПДКо.х.		1,0	10,0	1,0	1000	2000	-	100000	5,0	-

Сравнение полученных результатов в ВКБЗ со средними концентрациями в нижнем течении р. Волга на территориях Дамчикского и Обжоровского участков Астраханского БЗ (данные станции КФМ) показывает, что в Астраханском БЗ значения этих концентраций для ртути, свинца, кадмия и меди осредненные за летне-осенние межевые периоды 2016-22 гг. составляли соответственно: 0,53; 1,10; 1,7 и 5,4 мкг/л. За исключением свинца, уровни средних концентраций ртути, кадмия и меди на территории ВКБЗ были существенно ниже, чем в дельтовой части р. Волга. Концентрации свинца были соизмеримы.

Для сравнения в таблице 5.4 представлены значения средних концентраций тяжелых металлов на территориях других станций КФМ.

Таблица 5.4. Фоновое загрязнение поверхностных вод на территориях других станций КФМ, мкг/л.

Заповедник	Период наблюдений	Ртуть		Свинец		Кадмий		Медь	
		Диапазон	2021 г	Диапазон	2021 г	Диапазон	2021 г	Диапазон	2021 г
Кавказский	1982-2021	0,03-1,4	0,40	0,2-16	1,62	0,004-2,5	0,036	-	-
Приокско-Террасный	1987-2021	0,03-8,7 0,2503-	0,25	0,01-39 01-	0,31	0,03-3,5	0,13	-	-
Воронежский	1990-2021	0,06-0,54	0,21	0,16-50	0,28	0,01-4,6	0,02	-	-
Астраханский	1988-2021	0,01-74	0,67	0,08-128	0,58	0,1-413	3,01	-	-
Астраханский	2016-2022	0,02-14	0,53	0,02-16	1,1	0,05-65	1,7	0,2-14	2,4
НП «Смоленское Поозерье»	2009-2022	0,01-1	0,097	0,01-16	1,3	0,003-0,6	0,10	0,02-10	2,0

Почвенно-растительный покров.

Содержание изучаемых химических веществ в почвенно-растительном покрове на территории Саралинского участка Волжско-Камского БЗ в период наблюдений 2017-19 годов представлено в таблице 5.5.

Таблица 5.5. Содержание некоторых химических веществ в почве и растительности на территории Саралинского участка Волжско-Камского БЗ.

Место отбора пробы	Дата отбора	Концентрация									
		мг/кг			мкг/кг						
Pb	Cd	Cu	3,4-БП	1,12-БПЛ	α-ГХЦГ	γ-ГХЦГ	ДДТ	ΣДДТ			
Почва											
Кв.58, 0-5 см	06.08.2017	2,9	0,13	6,9	0,19	0,18	1,6	1,0	27,6	29,4	
-<- 5-10 см	06.08.2017	2,0	0,08	7,7	0,20	0,19	0,1	1,0	43,6	44,0	
Подстилка(0-3 см)	05.08.2019	3,8	0,28	4,2	-	-	-	-	-	-	
Почва 3-8 см	-<-	4,0	0,04	1,1	-	-	-	-	-	-	
- <- 8- 13 см	-<-	1,7	0,02	2,7	-	-	-	-	-	-	
Среднее в ВКБЗ	2011-16 гг.	7,5	0,21	13,2	0,19	0,20	1,2	1,6	30	37	
Растительность											
Кв.58,- лист рябины	05.08.2019	1,2	1,8	7,0	-	-	-	-	-	-	
-<- - лист черники	-<-	0,8	1,4	5,2	-	-	-	-	-	-	
-<- - лист клёна	-<-	1,9	1,8	3,8	-	-	-	-	-	-	
Среднее в ВКБЗ	2011-16 гг.	11,2	0,9	8,2	0,11	0,15	0,28	2,0	46	52	

Сравнение результатов последних наблюдений с данными, полученными в 2011-20 гг., показывает, что содержание тяжелых металлов в почве и растительности в последние годы несколько снизилось, а концентрации ПАУ и ХОП остались на том же уровне.

В целом, уровни концентраций изучаемых веществ в почве и растительности на территории ВКБЗ сопоставимы с результатами измерений на других станциях КФМ и являются характерными для состояния загрязнения фоновой континентальной территории РФ.

За все периоды проводившихся наблюдений случаев существенных переносов загрязненных воздушных масс на выбранную для организации станции КФМ территорию Саралинского участка заповедника отмечено не было. Выбранная точка наблюдений отвечает требованиям, предъявляемым к месту расположения станции КФМ, а сам заповедник следует рассматривать, как перспективный для организации на его территории такой станции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка трендов фонового содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и осадках за последние 15-20 лет, включая 2022 г., на территории стран СНГ, свидетельствует о сохранении на их территории условий, обеспечивающих низкие фоновые уровни концентрации тяжелых металлов, а также соединений серы и азота в природной среде. Однако анализ изменения содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на Европейской территории России показывает, что наблюдавшееся в 1990-х снижение концентраций, обусловленное спадом промышленного производства, прекратилось в 2000-2001 г., и можно ожидать увеличение фонового загрязнения атмосферы некоторыми загрязняющими веществами.

Уровень концентрации CO₂ в атмосфере северных широт достиг в 2022 г. очередного максимума: среднегодовое значение на фоновых станциях превысило 421 млн⁻¹, а максимальные за год концентрации, наблюдаемые в зимние месяцы, превзошли значение 430 млн⁻¹. Концентрация метана также продолжает увеличиваться. Прирост концентрации метана в 2022 г. для большинства месяцев составил больше 20 млрд⁻¹. Среднегодовая концентрация метана на российских Арктических станциях в 2022 г. достигла рекордных значений, приблизившись к 2020 млрд⁻¹. Превышение концентрации парниковых газов над фоновым уровнем в 2022 г. на станциях Новый порт и Воейково не выходит за пределы вариаций, наблюдаемых за многолетний период. Однако за последние 3 года намечается тенденция снижения превышения концентрации метана над фоновым уровнем для станции Новый порт и его возрастания на станции Воейково.

В целом, 2022 г. был спокойным, значительного разрушения озонового слоя не наблюдалось, уровень УФ-В радиации был в пределах нормы для соответствующего времени года. Над всей территорией Российской Федерации в 2022 г. средняя за год толщина озонового слоя составила 345 е.Д. что очень близко к новой норме (347 е.Д.). В целом отклонения от норм для всех регионов были незначительны и носили преимущественно отрицательный характер в первой половине года (до августа), а с сентября сменились на положительные (за исключением Юга ЕЧР).

В 2022 г. по сравнению с предшествующим годом, изменения оптической плотности атмосферы были незначительны. Снижение ОПА наблюдалось на станциях Памятное, Хужир, Сыктывкар, Курган и о-в Диксон, причем максимальным оно было в г. Курган. На остальных станциях наблюдалось повышение ОПА. На станции Иркутск, значение ОПА не изменилось. Период с конца 1990-х гг. и по 2022 г. включительно можно охарактеризовать как период, когда на большинстве фоновых станций оптическое замутнение атмосферы было понижено относительно нормы, а нормированные аномалии ОПА, в основном, принимали отрицательные значения, достигающие на некоторых станциях в отдельные годы -20%.

По сравнению с предшествующим периодом (2015 – 2021 гг.) в 2022 году не отмечалось существенных изменений градиента потенциала электрического поля атмосферы. Анализ данных V' за период с 2015 г. показал, что на всех станциях существуют циклические сезонные вариации V', при этом на всех станциях наблюдается отрицательный тренд V'.

В 2022 г. среднегодовые фоновые концентрации тяжелых металлов в атмосферных осадках сохранились на низком уровне.

В 2022 г. по данным наблюдений на станциях фонового мониторинга химического состава осадков, входящих в качестве региональных в состав сети Глобальной службы атмосферы (ГСА) ВМО, содержание отдельных ионов, минерализация, удельная электропроводность и величина pH отличались от среднемноголетних годовых значений не более чем 25%. На всей территории РФ, кроме Воронежского БЗ, суммарные выпадения веществ на фоновых станциях снизились по сравнению с предыдущим годом. В Воронежском БЗ рост суммы выпавших осадков, практически вдвое, привел к увеличению уровня суммарных выпадений.

На российских станциях ЕМЕП в 2022 г. кислые осадки с pH < 4 практически не наблюдались; на всех станциях повторяемость выпадений атмосферных осадков с pH от 5 до 6 превышала 50%. В целом в 2022 г. отмечено уменьшение выпадений, как серы, так и азота с осад-

ками на всех российских станциях ЕМЕП. Сравнение годовых выпадений серы и суммарного азота с осадками в 2022 г. и значений критических нагрузок по этим элементам для районов расположения станций, позволяют сделать вывод, что выпадения серы и азота существенно ниже уровня критических нагрузок для регионов России в районах расположения российских станций ЕМЕП.

По данным измерений в 2022 г. для всех станций ЕАНЕТ наблюдается снижение за последние 15 лет концентраций азот- и серосодержащих компонентов аэрозолей. В Приморском крае характерное ранее преобладание аэрозольной фракции сульфосодержащих соединений сменилось их резким уменьшением в период 2018–2022 гг., снизившись до уровня содержания газовых фракций. При этом в общем составе измеряемых веществ в атмосфере возрос относительный вклад газообразного восстановленного азота (аммиака), особенно в теплый период.

Данные мониторинга ХССП показали, что в зимний период 2021–2022 гг. на большей части территории страны потоки серы с атмосферными осадками составили менее $20 \text{ кг}/\text{км}^2 \cdot \text{мес}$. В зимний период 2021–2022 гг. на 60 % территории РФ показатель интенсивности выпадения азота находится в пределах $15 \text{ кг}/\text{км}^2 \cdot \text{мес}$. На более чем 70% территории РФ среднемесячный показатель pH по регионам в зимний период 2021–2022 гг. находился в пределах 5,5 – 6,5 ед.

По результатам обработки данных моделирования выпадений соединений серы и азота в границах региона ЕМЕП отмечено, что в регионах размещения станций ЕМЕП за 2016–2021 г. продолжали снижаться потоки влажных (с осадками) и общих выпадений окисленной серы и окисленного азота. Потоки из атмосферы аммонийного азота продолжают оставаться на одном уровне значений более 10 лет, а в центре ЕЧР формируется тенденция их роста с 2013–2014 гг. Наиболее низкие значения плотности годовых выпадений серы и азота по данным моделирования отмечаются в арктических регионах ЕЧР, относительно низкая интенсивность (до $0,15 \text{ т}/\text{км}^2$ серы, окисленного азота) – в ряде областей и республик Центрального и Приволжского федеральных округов. Высокие общие выпадения аммонийного азота характерны для субъектов РФ в Северо-Кавказском ФО и юго-запада Центрального ФО.

Содержание в почвах СКФМ тяжелых металлов и приоритетных органических загрязнителей характеризует их экологическое состояние в основном как благополучное.

В большинстве регионов значения массовых долей ТПП в почвах варьируют в определённых пределах, зависящих от природной неоднородности почв, сохраняясь в среднем за период наблюдений примерно на одном уровне. Отдельные высокие значения фоновых массовых долей химических веществ в почвах выявляются редко. За многолетний период наблюдений превышение предельно допустимых и ориентировочно допустимых концентраций химических веществ в почвах регистрировалось в единичных случаях. Анализ значений фоновых массовых долей ТПП в почвах Российской Федерации позволяет оценить состояние почв фоновых площадок как благополучное. Статистически достоверного накопления ТПП в почвах фоновых площадок за период наблюдений не отмечено.

Фоновое содержание ртути, свинца, кадмия в поверхностных водах большинства районов России соответствовало интервалам величин, наблюдавшихся в последние годы.

Анализ качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям показал, что большинство пунктов наблюдений на фоновых участках в многолетнем плане оцениваются как «условно чистая» или «слабо загрязненная», вместе с тем в 2022 г. ухудшилось качество р. Ворона, г. Уварово; р. Лена, г. Усть-Кут; р. Правда, п. Правда до уровня «загрязненная»; притоков Байкала – рек Голоустная и Сарма от уровня «условно чистая» до уровня «слабо загрязненная».

В целом по результатам фоновых наблюдений за содержанием химических веществ в поверхностных водах в районах станций сети ЕАНЕТ, в 2022 году в р. Комаровка (Приморье) содержание основных ионов (SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , Mg^{2+}) уменьшилось и стало ниже средних многолетних значений. Содержание катионов кальция также снизилось, однако осталось выше среднего многолетнего значения. В водах р. Комаровка в 2022 году продолжилась тенденция увеличения щелочности. Для реки Переемная было выявлено незначительное повышение уровня содержания сульфатов, нитратов, катионов кальция и магния. Сохраняется примерно одинаковый уровень и вариации значений кислотности за период наблюдения 2007–2022 гг.

Ухудшения качества вод по гидробиологическим показателям и состояния экосистем на фоновых участках водных объектов в 2022 г. на фоне многолетней динамики не отмечено. Из 13 обследованных фоновых участков Баренцевского, Балтийского, Каспийского, Карского, Восточно-Сибирского и Тихоокеанского гидрографических районов состояние экологического благополучия характерно для 11. Экосистемы фоновых объектов в бассейне р. Волги (оз. Кольчужное) и р. Чирка (приток р. Уссури бассейна р. Амур) модифицированы в результате антропогенного воздействия. В пяти наблюдаемых фоновых пунктах (реки Манома, Джигда, Копчик-Юрэгэ, Лена (дельта) и оз. Ханка (в границах биосферного заповедника «Ханкайский») не выявлены признаки негативного антропогенного воздействия. Экосистемам остальных фоновых объектов присущи черты антропогенного экологического напряжения.

Содержание приоритетных загрязняющих веществ в природных средах на станции КФМ **«Березинский БЗ»** (Республика Беларусь) свидетельствует о низком уровне фонового загрязнения, не представляющим опасности для экосистем Березинского биосферного заповедника и их компонентов. В целом уровень загрязнения природных сред в районе расположения этой станции мониторинга соответствует уровню загрязнения природных сред европейской части России.

Содержание приоритетных загрязняющих веществ в природных средах на **станции КФМ «Боровое»** (Республика Казахстан) свидетельствует о низком уровне фонового загрязнения, не представляющим опасности для экосистем Щучинско-Боровской курортной зоны.

Содержание приоритетных загрязняющих веществ в природных средах на станции КФМ **«Чаткальский БЗ»** (Республика Узбекистан) свидетельствует о низком уровне фонового загрязнения, не представляющим опасности для экосистем Чаткальского биосферного заповедника и их компонентов.

Список сокращений

АЧР	- Азиатская часть России
ГСА	- Глобальная служба атмосферы
БЗ	- биосферный заповедник
3,4-БП	- 3,4-бенз(а)пирен
ГГО	- Главная геофизическая обсерватория имени А.И.Воейкова
ГХИ	- Гидрохимический институт
ГХЦГ	- гексахлорциклогексан
ДДД	- дихлордифенилдихлорэтан
ДДЕ (ДДЭ)	- дихлордифенилдихлорэтилен
ДДТ	- дихлордифенилтрихлорэтан
ЕАНЕТ	- Сеть мониторинга кислотных выпадений в Восточной Азии
ЕМЕП	- Совместная программа наблюдения и оценки распространения загрязняющих воздух веществ на большие расстояния в Европе
ЕЧР	- Европейская часть России
ИГКЭ	- Институт глобального климата и экологии (ФГБУ «ИГКЭ»)
НУ	- нефтяные углеводороды
ОСО	- общее содержание озона
ПАУ	- полиароматические углеводороды
ПДК	- предельно допустимая концентрация
ПХБ	- полихлорбифенилы
СКФМ, Станция КФМ	- станция комплексного фонового мониторинга
СНГ	- Содружество Независимых Государств
СПАВ	- синтетические поверхностно-активные вещества
ТМ	- тяжелые металлы
ХОП	- хлорорганические пестициды
ХССП	- сеть мониторинга химического состава снежного покрова

СПИСОК АВТОРОВ

ПРЕДИСЛОВИЕ			Парамонов С.Г.	ФГБУ «ИГКЭ»
ВВЕДЕНИЕ			Буйволов Ю.А.	ФГБУ «ИГКЭ»
1 АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ И ОСАДКИ				
.	1.1	Фоновое содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе	Парамонов С.Г., Александрова М.С., Жигачева Е.С., Иванов В.А., Колесникова А.П., Рычкова А.А.	ФГБУ «ИГКЭ»
	1.2.	Физические и химические характеристики атмосферы	Парамонова Н.Н., Привалов В.И., Ивахов В.М., Русина Е.Н., Боброва В.К., Соломатникова А.А., Волохина Д.Ю., Жукова М.П., Соколенко Л.Г., Зайнетдинов Б.Г., Занюков В.В. Вязанкин А.С., Цветкова Н.Д., Банкова Т.В., Варгин П.Н., Лукьянов А.Н., Юшков В.А.	ФГБУ «ГГО» ФГБУ «ЦАО»
	1.3.	Химический состав атмосферных осадков		
	1.3.1	Загрязняющие вещества в атмосферных осадках	Парамонов С.Г., Бурцева Л.В., Конькова Е.С., Александрова М.С., Пастухов Б.В., Позднякова Е.А., Конькова А.С.	ФГБУ «ИГКЭ»
	1.3.2	Фоновый уровень ионного состава атмосферных осадков	Першина Н.А., Павлова М.Т., Семенец Е.С., Полищук А.И., Михайлова А.С.	ФГБУ «ГГО»
	1.4.	Загрязнение воздуха и осадков соединениями серы и азота по данным станций мониторинга ЕАНЕТ	Громов С.А., Жигачева Е.С., Рычкова А.А., Сметанина А.М. Галушин Д.А., Ходжер Т.В., Голобокова Л.П., Нецеваева О.Г.	ФГБУ «ИГКЭ» ФГБИИ «ЛИН СО РАН»
	1.5.	Выпадения серы и азота в результате трансграничного переноса загрязняющих воздух веществ	Брускина И.М., Громов С.А., Александрова М.С., Иванов В.А.	ФГБУ «ИГКЭ»
	1.6	Фоновый уровень выпадений серы и азота по данным о загрязнении снежного покрова в регионах Российской Федерации	Манzon Д.А., Беспалов М.С.	ФГБУ «ИГКЭ»
	1.7	Выпадения серы и азота по результатам моделирования трансграничного загрязнения атмосферы в Европе (регион ЕМЕП)	Галушин Д.А., Громов С.А.	ФГБУ «ИГКЭ»
2.	ПОЧВА И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ			
	2.1	Фоновое содержание загрязняющих веществ в почвах и растительности по данным сети станций комплексного фонового мониторинга	Парамонова Т.А., Черногаева Г.М., Саратовцева Е.Е.	МГУ им. М.В. Ломоносова ФГБУ «ИГКЭ»
	2.2	Содержание загрязняющих веществ в почвах фоновых участков промышленных регионов по результатам наблюдательной сети Росгидромета	Павлова Н.Н., Лукьянова Н.Н.	ФГБУ «НПО «Тайфун»
	2.3	Оценка состояния лесных экосистем методами Международной совместной программы комплексного мониторинга	Саратовцева Е.Е., Шерстнева Е.А., Позднякова Е.А., Кухта А.Е. Ярош А.С.	ФГБУ «ИГКЭ» РХТУ им. Д.И. Менделеева
3.	ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ			
	3.1.	Фоновые уровни загрязняющих веществ по данным сети СКФМ	Парамонов С.Г., Бурцева Л.В., Алексина М.А., Пастухов Б.В.	ФГБУ «ИГКЭ»
	3.2.	Данные станций гидрохимических наблюдений	Романюк О.Л, Лобченко Е.Е., Емельянова В.П., Первушева О.А.	ФГБУ «ГХИ»
	3.3.	Содержание основных кислотообразующих веществ в поверхностных водах на станциях мониторинга ЕАНЕТ	Жигачева Е.С., Громов С.А., Рычкова А.А. Томберг И.В., Ходжер Т.В.	ФГБУ «ИГКЭ» ФГБУИ «ЛИН СО РАН»
	3.4.	Фоновое состояние пресноводных экосистем по гидробиологическим показателям	Потютко О.М., Буйволов Ю.А., Лазарева Г.С., Быкова И.В., Лукиных А.И., Чамкина А.В.	ФГБУ «ИГКЭ»
4	МНОГОЛЕТНЕЕ СОСТОЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ СРЕД НА СТАНЦИЯХ СКФМ СНГ			Белгидромет: Лемутова М.И., Мельник Е.А. Департамент экологического мониторинга РГП «Казгидромет» (Республика Казахстан) Агентство по Гидрометеорологии Министерства природных ресурсов Узгидромет (Республика Узбекистан)
5	ФОНОВОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ НА ТЕРРИТОРИИ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА В ПЕРИОД 2016-2022 ГОДОВ			Пастухов Б.В., Бурцева Л.В., Алексина М.А., Конькова М.С.
ЗАКЛЮЧЕНИЕ			Черногаева Г.М., Парамонов С.Г., Громов С.А.	ФГБУ «ИГКЭ»

Review of the background state of the environment in the CIS countries in 2022.

Edited by Professor G. M. Chernogaeva

The Review summarizes the results of background monitoring of the state of the natural environment in the CIS countries in 2022. The review contains data on the levels of pollutants and trends of long-term changes in measured substances in the atmosphere and atmospheric precipitation, in soil, vegetation and surface waters in the background areas, as well as the results of an environmental assessment of the state of terrestrial and aquatic ecosystems.

The review is intended for state and public organizations interested in obtaining and using information about the state of the natural environment, as well as for a wide range of specialists working in the field of pollution assessment and environmental protection.

Conclusions

The assessment of trends in the background content of pollutants in atmospheric air and precipitation over the past 15-20 years, including 2022, on the territory of the CIS countries, indicates the preservation of conditions on their territory that ensure low background levels of concentration of heavy metals, as well as sulfur and nitrogen compounds in the natural environment. However, an analysis of changes in the content of pollutants in the atmospheric air in the European territory of Russia shows that the decrease in concentrations observed in the 1990s, due to the decline in industrial production, stopped in 2000-2001, and an increase in background atmospheric pollution with some pollutants can be expected.

The level of CO₂ concentration in the atmosphere of northern latitudes reached another maximum in 2022: the average annual value at background stations exceeded 421 million⁻¹, and the maximum annual concentrations observed in the winter months exceeded the value of 430 million⁻¹. The concentration of methane also continues to increase. The increase in methane concentration in 2022 for most months amounted to more than 20 billion⁻¹. The average annual methane concentration at Russian Arctic stations in 2022 reached record values, approaching 2020 billion⁻¹. Excess of greenhouse gas concentration above the background level in 2022 at the stations Novy Port and Voeikovo does not go beyond the variations observed over a multi-year period. However, over the past 3 years, there has been a tendency to decrease the excess of methane concentration above the background level for the Novy Port station and its increase at the Voeikovo station.

In 2022 no significant destruction of the ozone layer was observed, the level of UV-B radiation was within the normal range for the corresponding time of year. Over the entire territory of the Russian Federation in 2022, the average annual thickness of the ozone layer was 345 DU, which is very close to the new norm (347 DU). In general, deviations from the norms for all regions were close to the norm and were mostly negative in the first half of the year (until August), and since September they have changed to positive (with the exception of the South of the European Russia).

In 2022, compared to the previous year, changes in the optical density of the atmosphere were insignificant. A decrease in the ODA was observed at the stations Memorable, Khuzhir, Syktyvkar* Kurgan* and Dixon, and it was maximum in Kurgan*. At other stations, there was an increase in ODA. At the Irkutsk station, the value of the ODA has not changed. The period from the late 1990s to 2022 inclusively, it can be characterized as a period when at most background stations the optical turbidity of the atmosphere was lowered relative to the norm, and the normalized ODA anomalies mainly took negative values, reaching -20% at some stations in some years.

In comparison with the previous period (2015 – 2021), there were no significant changes in the gradient of the potential of the electric field of the atmosphere in 2022.

In 2022, the average annual background concentrations of trace metals in atmospheric precipitation remained low.

In 2022, according to observations at background monitoring stations of chemical composition of precipitation, which are included as regional in the network of the Global Atmospheric Service (GSA) WMO, the content of individual ions, mineralization, specific electrical conductivity and pH value differed from the average annual values of no more than 25%. In the entire territory of the Rus-

sian Federation, except for the Voronezh BR, the total precipitation of substances at background stations decreased compared to the previous year. In the Voronezh BR, the increase of the amount of precipitation, almost doubled, led to an increase in the level of total precipitation.

At the Russian EMEP stations in 2022, acid precipitation with pH < 4 was practically not observed; at all stations, the frequency of precipitation with pH from 5 to 6 exceeded 50%. In general, in 2022, there was a decrease in precipitation of both sulfur and nitrogen with precipitation at all Russian EMEP stations. Comparison of annual precipitation of sulfur and total nitrogen with precipitation in 2022 and the values of critical loads for these elements for the areas where the stations are located, allow us to conclude that the precipitation of sulfur and nitrogen is significantly lower than the level of critical loads for the regions of Russia in the areas where the Russian EMEP stations are located.

According to measurements in 2022, for all EANET stations, there has been a decrease in the concentrations of nitrogen- and sulfur-containing components of aerosols over the past 15 years. In Primorsky Krai, the previously characteristic predominance of the aerosol fraction of sulfonated compounds was replaced by their sharp decrease in the period 2018-2022, having decreased to the level of the content of gas fractions. At the same time, the relative contribution of gaseous reduced nitrogen (ammonia) to the total composition of measured substances in the atmosphere has increased, especially during the warm period.

The snow cover monitoring data showed that in the winter period of 2021-2022, sulfur fluxes with atmospheric precipitation in most of the country amounted to less than 20 kg/km² *month. On 60% of the territory of the Russian Federation, the intensity of nitrogen deposition is in the range of 15 kg / km² * month. In more than 70 % of the territory of the Russian Federation, the average monthly pH indicator for the regions was in the range of 5.5-6.5 units.

According to the results of data processing of modeling of precipitation of sulfur and nitrogen compounds within the boundaries of the EMEP region, it was noted that in the regions of the location of EMEP stations in 2016-2021, the flows of wet (with precipitation) and total precipitation of oxidized sulfur and oxidized nitrogen continued to decrease. Flows from the atmosphere of ammonium nitrogen continue to remain at the same level of values for more than 10 years, and in the center of the ETR, a trend of their growth has been forming since 2013-2014. The lowest values of the density of annual precipitation of sulfur and nitrogen according to modeling data are observed in the Arctic regions of the ECR, relatively low intensity (up to 0.15 t/km² of sulfur, oxidized nitrogen) - in a number of regions and republics of the Central and Volga Federal Districts. High total precipitation of ammonium nitrogen is typical for the subjects of the Russian Federation in the North Caucasus Federal District and the south-west of the Central Federal District.

According to the results of the monitoring in 2011-2022, the content of trace metals and persistent organic pollutants in the soils, as well as vegetative organs of woody and herbaceous vegetation of the background monitoring areas is within the range of average monthly-summer values. The content of priority organic pollutants in soils characterizes their ecological state as generally safe.

Analysis of the values of background mass fractions of industrial toxicants in the soils of the Russian Federation allows us to assess the state of the soils of the background areas as safe.

The background content of mercury, lead, cadmium in surface waters of most regions of Russia corresponded to the intervals of values observed in recent years.

The analysis of surface water quality by hydrochemical indicators showed that most of the observation points in the background areas in the long-term plan are assessed by water of good quality as "conditionally clean" or "slightly polluted", at the same time, in 2022, the quality of the Raven River, Uvarovo; Lena river, Ust-Kut; Pravda river, P. True to the level of "polluted"; tributaries of Lake Baikal – the Goloustnaya and Sarma rivers from the level of "conditionally clean" to the "level of "slightly polluted".

In general, according to the results of background observations of the content of chemicals in surface waters in the areas of the stations of the EANET network, in 2022 in the Komarovka river (Primorye), the content of basic ions (SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , Mg^{2+}) decreased and became lower than the average multi-year values. The content of calcium cations also decreased, but remained above the long-term average. In the waters of the Komarovka river in 2022, the trend of increasing alkalinity

continued. A slight increase in the content of sulfates, nitrates, calcium and magnesium cations was detected for the Pereyemnaya River. Approximately the same level and variations of acidity values remain for the observation period 2007-2022.

Deterioration of water quality by hydrobiological indicators and the state of ecosystems in the background areas of water bodies in 2022 against the background of long-term dynamics was not noted. Of the 13 surveyed background areas of the Barents, Baltic, Caspian, Kara, East Siberian and Pacific hydrographic regions, the state of ecological well-being is characteristic of 11. Ecosystems of background objects in the Volga River basin (Kolchuzhnoye Lake) and the Chirka River (tributary of the Ussuri River of the Amur River basin) have been modified as a result of anthropogenic impact. In five observed background points (rivers Manoma, Jida, Coccyx-Yurege, Lena (delta) and Lake Khan-kha within the boundaries of the Khankai Biosphere Reserve), no signs of negative anthropogenic impact have been identified. Ecosystems of other background objects have features of anthropogenic ecological stress.

The content of priority pollutants in natural environments at the Berezinsky BR station (Republic of Belarus) indicates a low level of background pollution that does not pose a threat to the ecosystems of the Berezinsky biosphere reserve and their components. In General, the level of environmental pollution at this monitoring station corresponds to the level of environmental pollution in the European part of Russia.

The content of priority pollutants in natural environments at the monitoring station "Borovoye" (Republic of Kazakhstan) indicates a low level of background pollution that does not pose a danger to the ecosystems of the Shchuchinsk-Borovskaya resort zone.

The content of priority pollutants in natural environments at the Chatkal BR station (Republic of Uzbekistan) indicates a low level of background pollution that does not pose a threat to the ecosystems of the Chatkal biosphere reserve and their components.

**ОБЗОР
ФОНОВОГО СОСТОЯНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ
НА ТЕРРИТОРИИ СТРАН СНГ ЗА 2022 Г.**

Подписано в печать 24.11.2023.
Формат 60x90/8. Заказ № 3118.6.

Отпечатано в типографии ООО «Принт».
426035, г. Ижевск, ул. Тимирязева, 5.