

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

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



**ОБЗОР
ФОНОВОГО СОСТОЯНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ
НА ТЕРРИТОРИИ СТРАН СНГ ЗА 2018 Г.**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

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



ОБЗОР
ФОНОВОГО СОСТОЯНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ
НА ТЕРРИТОРИИ СТРАН СНГ ЗА 2018 г.

Под редакцией
профессора Г.М. Черногаевой

В Обзоре представлены обобщенные результаты фонового мониторинга состояния природной среды на территории стран СНГ за 2018 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.

© - Росгидромет, 2019 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля, 2019 г.

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

Фотография на обложке Березинского биосферного заповедника (Республика Беларусь) с официального сайта (<https://berezinsky.by/fotogalereya/index.php>)

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	13
	1.2.1. Углекислый газ и метан	13
	1.2.2. Общее содержание озона	18
	1.2.3. Оптическая плотность и прозрачность атмосферы	24
	1.2.4. Электрические характеристики приземного слоя атмосферы	29
	1.3. Химический состав атмосферных осадков	32
	1.3.1. Загрязняющие вещества в атмосферных осадках	32
	1.3.2. Фоновый уровень ионного состава атмосферных осадков	36
	1.4. Загрязнение воздуха и осадков соединениями серы и азота по данным станций мониторинга ЕАНЕТ	41
	1.5. Выпадения серы и азота в результате трансграничного переноса загрязняющих веществ.	43
2.	ПОЧВА И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ	47
	2.1. Фоновое содержание загрязняющих веществ в почвах и растительности	47
	2.2. Содержание загрязняющих веществ в почвах по результатам наблюдательной сети Росгидромета	53
	2.3. Оценка отклика древостоев сосны обыкновенной на воздействие климатических факторов (МСП КМ)	57
3.	ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ	60
	3.1. Фоновые уровни загрязняющих веществ по данным сети СКФМ	60
	3.2. Данные станций гидрохимических наблюдений	62
	3.3. Содержание основных кислотообразующих веществ в поверхностных водах на станциях мониторинга ЕАНЕТ	70
	3.4. Фоновое состояние пресноводных экосистем по гидробиологическим показателям	78
4	МНОГОЛЕТНЕЕ СОСТОЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ СРЕД НА СТАНЦИЯХ СКФМ СНГ. Березинский биосферный заповедник (Республика Беларусь)	91
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	94
	Список сокращений	97
	Список авторов	98

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 Беларуси, 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 2018 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), 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).

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.98.

ВВЕДЕНИЕ

Первый выпуск «Обзора фоновое состояние 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 1983г.) 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-Тerrasный 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 стандартизированной 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 фоновый мониторинг достоверно показали присутствие глобальных загрязняющих веществ антропогенного происхождения (тяжелые металлы, пестициды, канцерогенные полиароматические 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 фоновый мониторинг и подготовка ежегодного Обзора фоновый состояние окружающей природной среды на территории СНГ.

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

По состоянию на 2018 год в России продолжают функционировать 5 специализированных станции национальной сети КФМ Росгидромета, расположенных в Приокско-Тerrasном, Воронежском, Астраханском, Алтайском и Кавказском БЗ. Продолжаются наблюдения на СКФМ в Березинском БЗ (Республика Беларусь). Данные этих станций составляют информационную основу фоновый мониторинг на территории России и стран СНГ.

Помимо информации КФМ в Обзоре фоновый состояние окружающей природной среды на территории стран СНГ за 2018 год использованы данные, полученные на сети станций трансграничного переноса загрязняющих воздух веществ (ЕМЕП), станциях мониторинг кислотных выпадений в Восточной Азии (ЕАНЕТ) и сети специализированных станций Глобальной службы атмосферы (ГСА) Всемирной метеорологической организации. Станции, осуществляющие фоновый 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 фоновый мониторинг Российской Федерации в 2017 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 фоновый 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 международ-

ными 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 2018 году

Станция мониторинга	Программа наблюдений	Федеральная ООПТ
Березинский заповедник	СКФМ,	Березинский БЗ
Приокско-Террасный БЗ (ст. Данки)	СКФМ, ЕМЕП, ГСА	Приокско-Террасный БЗ и охранный 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»
Лесной заповедник	ЕМЕП	охранная зона Центрально-Лесного БЗ
Янискоски	ЕМЕП	вблизи границы с государственным природным заповедником «Пасвик»
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	-
Новопятигорск	ГСА	-
Мариинск	ГСА	-
Шаджатмаз	ГСА	-

1. АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ И ОСАДКИ

Оценка фоновое загрязнение атмосферного воздуха и осадков выполнена по данным сети станций КФМ, ГСА, ЕМЕП, ЕАНЕТ (рис.1.1). Анализ результатов проводились для периодов наблюдений с октября по март (холодный период), с апреля по сентябрь (теплый период). Средние значения концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе за месяц, сезон и год рассчитывались как среднегеометрические, в осадках - средневзвешенные.

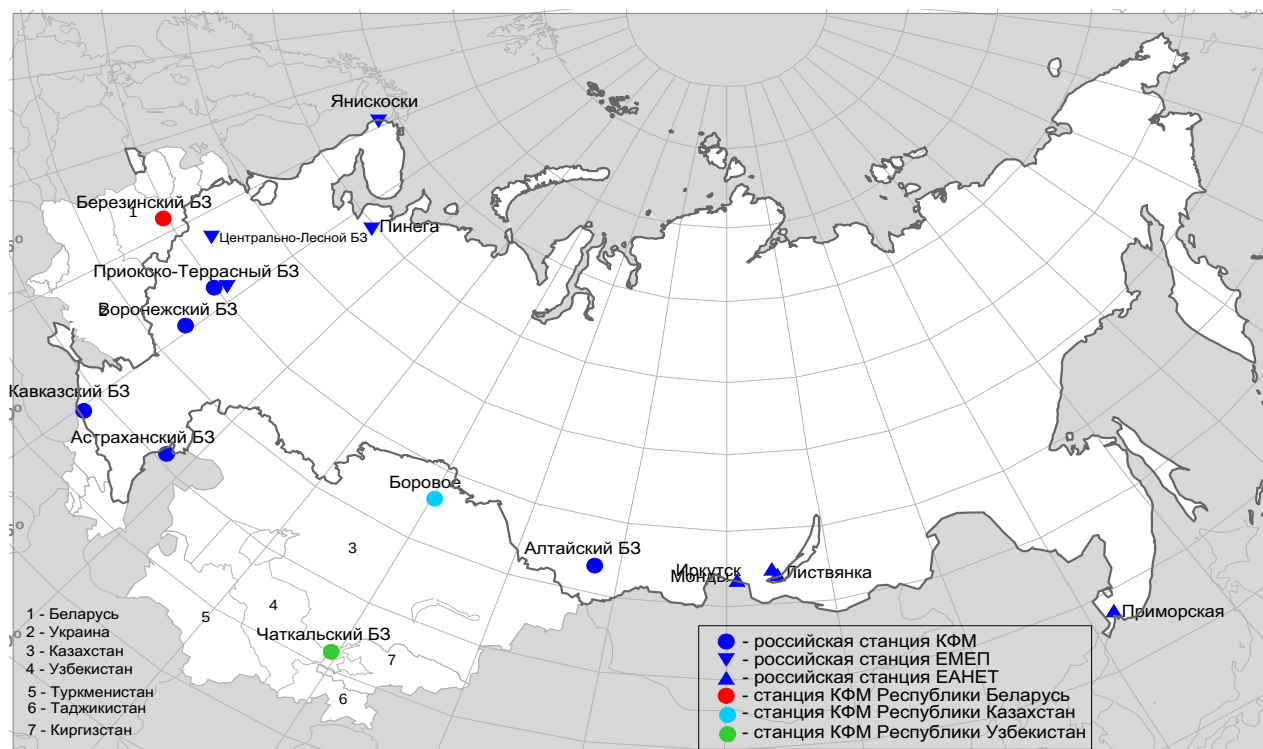


Рис. 1.1. Расположение станций фоновое мониторинга природной среды в СНГ

1.1. Фоновое содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

Оценка фоновое загрязнение атмосферного воздуха и осадков выполнена по данным сети станций комплексного фоновое мониторинга (СКФМ) и специализированных станций Глобальной службы атмосферы (ГСА ВМО). В 2018 г. наблюдения за фоновым загрязнением атмосферного воздуха проводились на четырех СКФМ, обеспечивая необходимый объем информации только для характеристики регионального фоновое загрязнение атмосферы в Центральных районах Европейской территории России (ЕТР).

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 октября 2017 г. по сентябрь 2018 г.

Тяжелые металлы. Среднегодовые концентрации свинца в воздухе фоновых районов ЕТР составили 1,1– 4,44 нг/м³. Значимых изменений концентраций свинца в атмосфере фоновых территорий по сравнению с 2017 г. не произошло (рис. 1.1.1). Среднегодовые

концентрации кадмия в атмосферном воздухе в центральных районах ЕТР сохранились на уровне, наблюдавшемся в последние годы, и не превышали $0,2 \text{ нг/м}^3$. На юге ЕТР, в Астраханском БЗ продолжают регистрироваться повышенные уровни кадмия, характерные для наблюдений во всех средах на протяжении десятилетия (табл. 1.1.1).

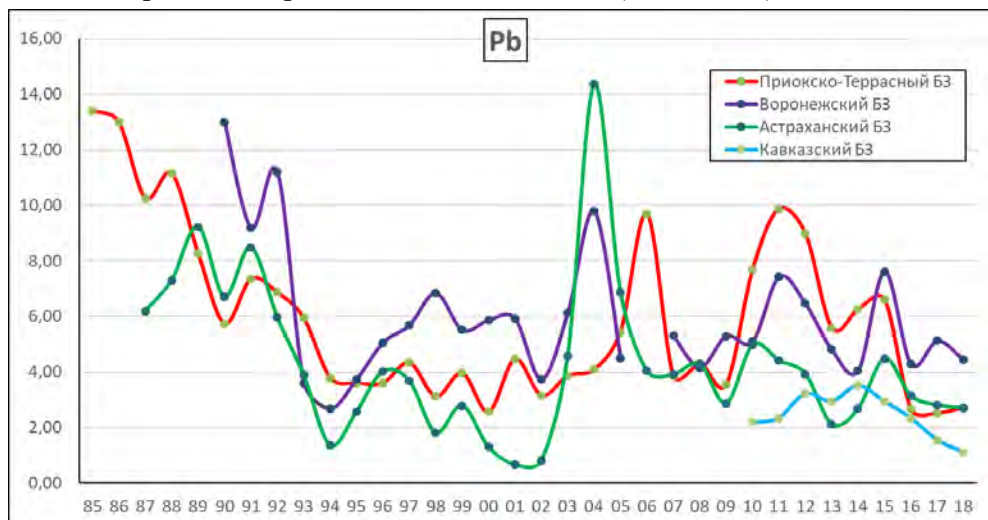


Рис. 1.1.1 Изменение среднегодового содержания свинца в атмосферном воздухе фоновых районов

При отсутствии выраженных сезонных изменений содержания в воздухе свинца и кадмия в отдельные дни измерялись максимальные среднесуточные концентрации на уровнях, существенно выше среднегодовых — до 92 нг/м^3 для свинца и 20 нг/м^3 для кадмия.

Фоновое содержание ртути в атмосферном воздухе, определяемое только в центральном районе ЕТР, сохраняется стабильно низким: в 2018 г. среднегодовая концентрация составила $2,6 \text{ нг/м}^3$ (табл. 1.1.1).

Хлорорганические пестициды. В 2018 г. на ЕТР среднегодовые значения фоновых концентраций сумм изомеров ГХЦГ и ДДТ в воздухе сохранились низкими, на уровне, близком к пределу обнаружения аналитическими методами (как и прошлые годы измерения от 30 до 50% проб были ниже предела обнаружения). В целом в 2018 г. содержание пестицидов в воздухе находилось в пределах изменений уровней их концентраций за последние 10 лет.

Взвешенные частицы. В 2018 г. среднегодовые концентрации взвешенных частиц в воздухе на ЕТР изменялись в пределах $9\text{--}24 \text{ мкг/м}^3$, что на уровне значений последних 10 лет (табл. 1.1.1, рис. 1.1.2). Эпизодическое повышение концентраций взвешенных частиц наблюдалось в теплый период года: отдельные максимальные среднесуточные концентрации превышали 300 и 100 мкг/м^3 (Астраханский и Приокско-Террасный БЗ, соответственно) (табл. 1.1.1). Сезонные изменения содержания взвешенных частиц в атмосфере имеют ярко выраженный максимум в летний период, что обусловлено влиянием природных факторов.

Диоксид серы. В 2018 г. среднегодовые фоновые концентрации диоксида серы на станциях ЕТР сохранились на низком уровне — около $0,09\text{--}0,45 \text{ мкг/м}^3$ (рис. 1.1.3). В холодный период года наблюдались более высокие концентрации диоксида серы, увеличиваясь в отдельные сутки до $2,5\text{--}6,6 \text{ мкг/м}^3$ (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.

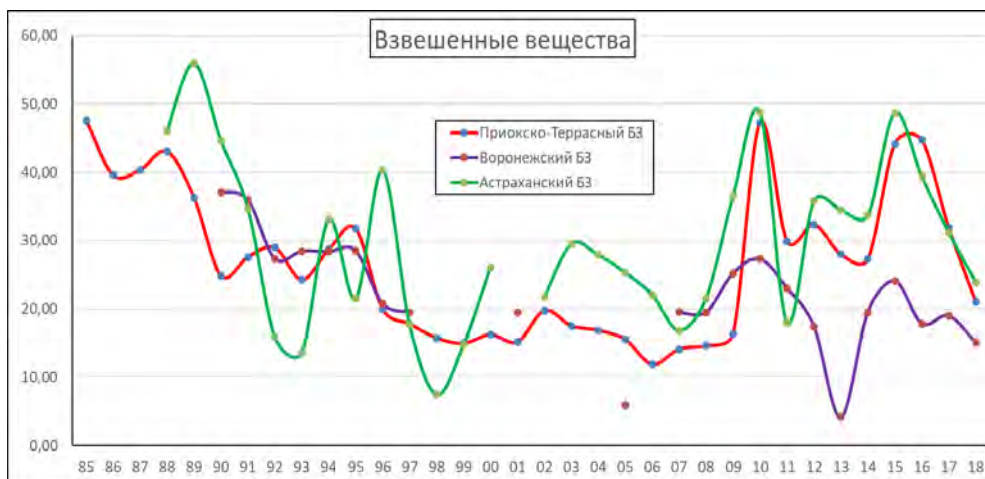


Рис. 1.1.2 Изменение среднегодового взвешенных частиц (мкг/м³) в атмосферном воздухе фоновых районов

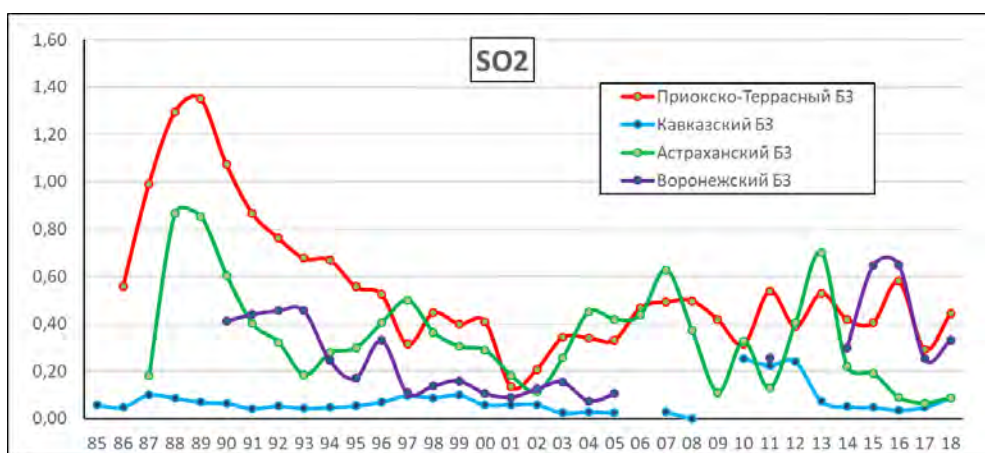


Рис. 1.1.3 Изменение фоновое содержание диоксида серы в атмосферном воздухе фоновых районов (мкг/м³)

Диоксид азота. В 2018 г. среднегодовые фоновые концентрации диоксида азота в воздухе на европейской территории сохранились на уровне прошлых лет, изменяясь от 0,63 до 4,11 мкг/м³ (рис. 1.1.4). Сезонные изменения фоновых концентраций диоксида азота ясно выражены: в холодный период в центре ЕТР наблюдаются максимальные значения и повышается повторяемость среднесуточных высоких концентраций (табл. 1.1.1).

Сульфаты. В 2018 г. среднегодовая фоновая концентрация сульфатов в центре ЕТР составила 1,26 мкг/м³, при этом значения меньше 3 мкг/м³ были зарегистрированы в 95% измерений. В южных районах ЕТР среднегодовая концентрация была такой же, как и в центре ЕТР около 1,2 мкг/м³ (рис. 1.1.5). В целом, относительно повышенные концентрации сульфатов в центре ЕТР 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 ЕТР за последние 10 лет после их уменьшения в предыдущие годы.

Метан. По данным измерений на СКФМ в Приокско-Террасном биосферном заповеднике наиболее высокие концентрации метана были зарегистрированы в зимние месяцы

года, среднее значение в зимний период не превышало 2050 млрд⁻¹. Изменения средних зимних (декабрь-февраль) и средних летних (июнь-август) концентраций метана представлены на рис. 1.1.6. Средние летние концентрации метана с 2008 г. составили 1998 млрд⁻¹, среднемноголетняя разница межсезонных концентраций получилась около 65 млрд⁻¹. Изменения средних зимних (декабрь-февраль) и средних летних (июнь-август) концентраций метана за последние 3-4 года являются наименьшими за весь период наблюдений.

Таблица 1.1.1 Результаты наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на станциях комплексного фоновой мониторинга в 2018 г. (числитель – среднегодовое значение, знаменатель – интервал изменений суточных концентраций)

Загрязняющие вещества	Приокско-Тerrasный БЗ	Воронежский БЗ	Астраханский БЗ	Кавказский БЗ
Pb, нг/м ³	<u>2,71</u> 0,18-92,0	<u>4,44</u> 0,40-25,0	<u>2,71</u> 0,18-31,3	<u>1,10</u> 0,02-12,5
Cd, нг/м ³	<u>0,098</u> 0,001-1,3	<u>0,181</u> 0,017-1,6	<u>1,465</u> 0,050-20,0	<u>0,043</u> 0,001-1,00
Hg, нг/м ³	<u>2,61</u> 0,13-53,8	- ^{*)}	-	-
SO ₂ , мкг/м ³	<u>0,445</u> 0,1-6,60	<u>0,332</u> 0,02-3,47	<u>0,089</u> 0,010-0,53	<u>0,088</u> 0,010-2,53
NO ₂ , мкг/м ³	<u>4,11</u> 0,20-24,1	<u>3,92</u> 1,33-26,16	<u>0,63</u> 0,05-4,02	-
SO ₄ , мкг/м ³	<u>1,26</u> 0,02-6,41	-	<u>1,22</u> 0,01-11,7	-
Взвешенные частицы, мкг/м ³	<u>21,0</u> 1,0-132,0	<u>15,1</u> 8,0-31,0	<u>23,9</u> 2,0-341,8	<u>9,0</u> 1,6-21,5
BP, нг/м ³	-	-	-	-
BPL, нг/м ³	-	-	-	-

^{*)} - Измерения в 2018 г. не проводились.

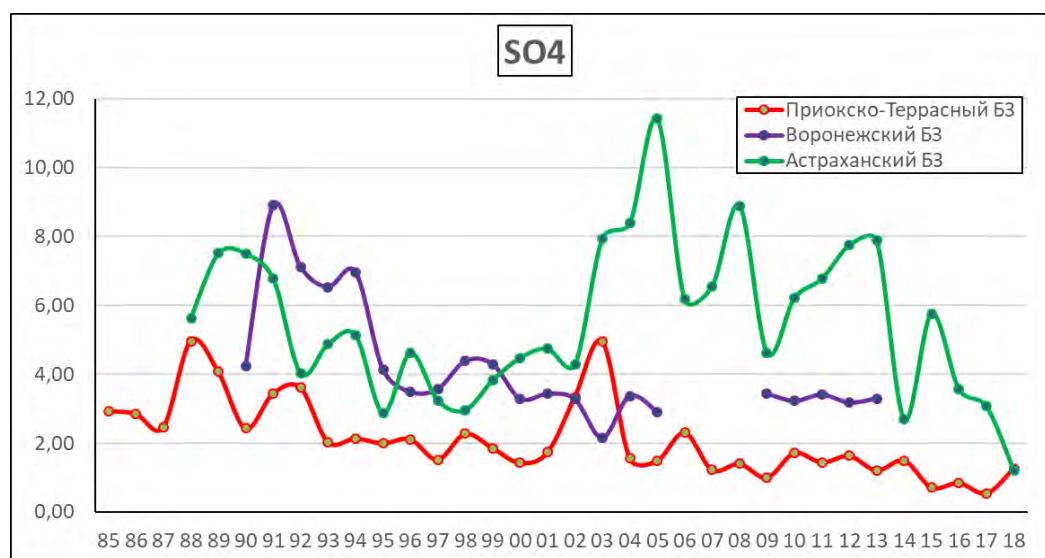


Рис. 1.1.4 Изменение фоновой концентрации сульфатов в атмосферном воздухе фоновых районов (мкг/м³)

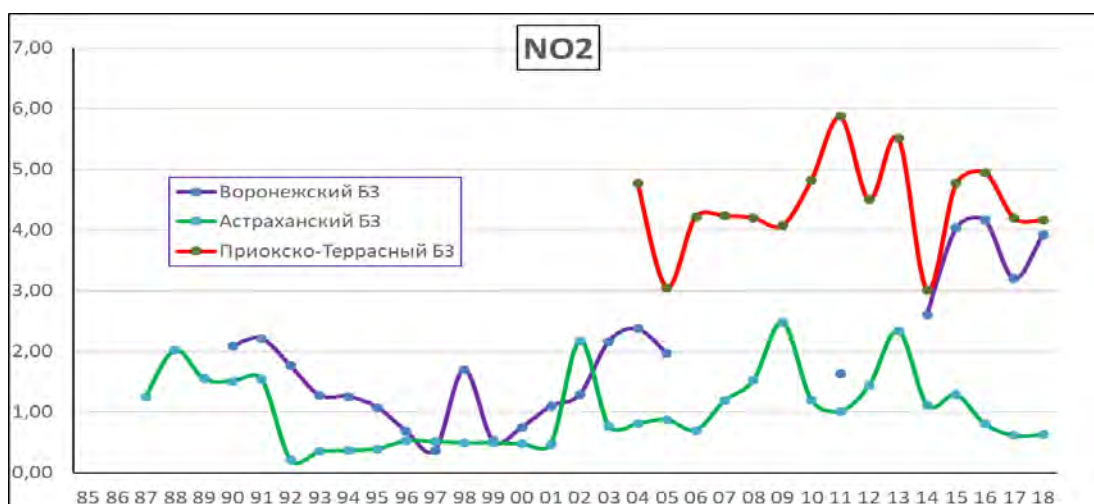


Рис. 1.1.5 Изменение фоновое содержание диоксида азота в атмосферном воздухе фоновых районов (мкг/м³)

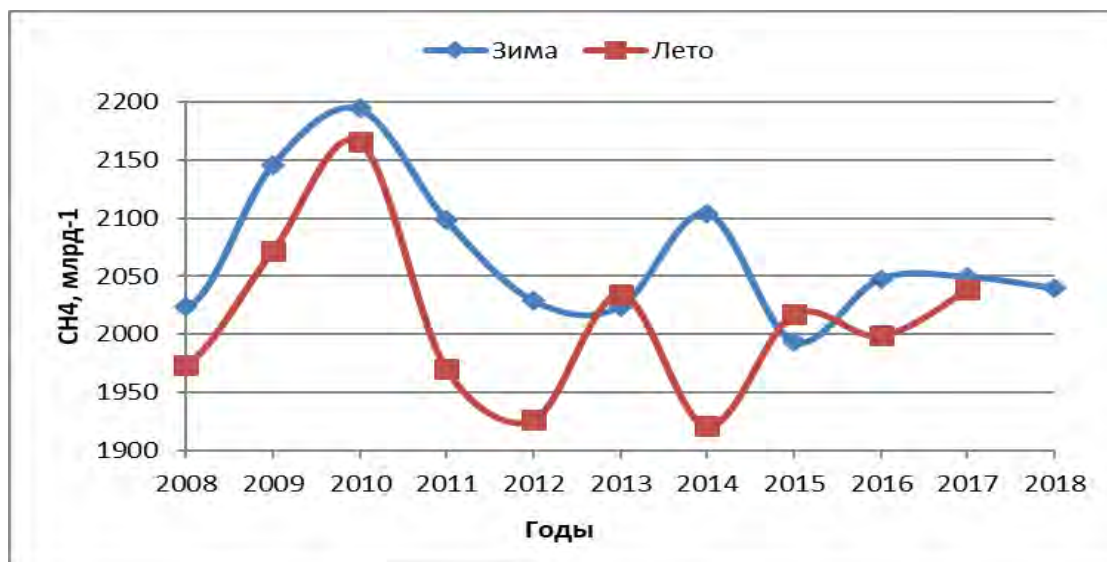


Рис. 1.1.6 Многолетние изменения средних сезонных концентраций CH_4 в приземном слое атмосферы на СКФМ в Приокско-Тerrasном биосферном заповеднике

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 результатов измерений, проводимых на четырех станциях наблюдений за содержанием парниковых газов. Характеристики расположения и деятельности станций приведены в табл. 1.2.1.1. Станция Териберка (Кольский полуостров, побережье Баренцева моря) и станция Тикси (Арктическое побережье, море Лаптевых, залив Сого) размещены в условиях, близких к фоновым. Станция Новый Порт (полуостров Ямал, берег Обской губы) и Воейково (пригород Санкт-Петербурга) находятся в районах влияния крупномасштабных антропогенных источников парниковых газов. Для сравнения привлечены данные станции ГСА-ВМО Барроу, расположенной на северном побережье Аляски в арктических широтах (71,32° с.ш., 156,6° з.д.).

Данные станций Териберка и Тикси передаются ГГО в Мировой центр данных ВМО (МЦД) по парниковым газам (WDCGG, Японии), где используются при проведении глобального анализа полей концентраций указанных газов. Данные станции Барроу представляет в МЦД Национальная Администрация по Океану и Атмосфере США (NOAA).

Таблица 1.2.1.1 Станции наблюдений за парниковыми газами ГГО

Станция	Широта	Долгота	Высота над у.м.	Период наблюдений	Программа наблюдений
Териберка	69° 12' с.ш.	35° 06' в.д.	40	с 1988 г.	CO ₂ , CH ₄ с 1996 г.
Новый Порт	67° 41' с.ш.	72° 53' в.д.	11	с 2002 г.	CO ₂ , CH ₄
Воейково	59° 57' с.ш.	30° 42' в.д.	72	с 1996 г.	CH ₄
Тикси	71° 35' с.ш.	128° 55' в.д.	15	с 2011 г.	CO ₂ , CH ₄

Результаты измерений на двух фоновых станциях (Териберка и Тикси) за последние 11 лет приведены в табл. 1.2.1.2. Изменения концентраций парниковых газов для этих станций от года к году показаны на рис. 1.2.1.1 и 1.2.1.2 в сравнении с данными станции Барроу.

Таблица 1.2.1.2 Среднегодовые значения и межгодовые изменения (Δ) концентраций CH₄ и CO₂

Год	Териберка				Тикси			
	CH ₄ , млрд ⁻¹	Δ CH ₄ , млрд ⁻¹	CO ₂ , млн ⁻¹	Δ CO ₂ , млн ⁻¹	CH ₄ , млрд ⁻¹	Δ CH ₄ , млрд ⁻¹	CO ₂ , млн ⁻¹	Δ CO ₂ , млн ⁻¹
2008	1894,3	17,6	388,1	3,1				
2009	1904,4	10,1	390,1	2,1				
2010	1905,5	1,1	392,3	2,1				
2011	1906,2	0,8	394,1	1,8	1913,2		394,2	
2012	1910,2	4,0	396,4	2,4	1910,2	-3,0	396,1	1,9
2013	1907,8	-2,4	398,6	2,2	1915,1	4,9	399,1	3,0
2014	1913,5	5,7	400,5	1,9	1930,8	15,7	400,7	1,6
2015	1924,4	10,9	402,0	1,5	1940,1	9,3	403,2	2,5
2016	1946,7	22,3	405,5	3,5	1946,4	6,3	406,1	2,9
2017	1947,1	0,4	409,0	3,5	1956,7	10,3	408,7	2,6
2018	1950,4	3,3	411,1	2,1	1960,4	3,7	411,3	2,6

За период с 2008 по 2018 гг. концентрация CH₄ увеличилась на 3% (56 млрд⁻¹). Ее возрастание в 2018 г. на станции Териберка составило 3,3 млрд⁻¹ и 3,7 млрд⁻¹ на станции Тикси.

В 2018 г. на станции Тикси были зафиксированы аномально высокие значения концентрации метана в августе месяце, превышающие характерный региональный фоновый уровень примерно на 60 млрд⁻¹. Такие высокие значения по существующим критериям были

отбракованы, как не представляющие региональный фоновый уровень, при этом, как показывают результаты непрерывных измерений, в течение месяца более низкие значения концентрации не наблюдались. Насколько велики наблюдавшиеся аномалии демонстрирует рис.1.2.1.3, где кривая «Тикси-2018 а» показывает сезонный ход с учетом высоких значений концентрации CH_4 в августе. Включение указанных аномальных значений в расчет среднегодового значения приводит к его увеличению на 8 млрд^{-1} . Время наблюдаемой аномалии свидетельствует о влиянии природных источников метана. Выяснение конкретных причин возрастания концентрации метана требует дополнительного анализа. За период наблюдений в Тикси похожая ситуация возникала под влиянием крупномасштабных пожаров, когда увеличивалась, прежде всего, концентрация углекислого газа.

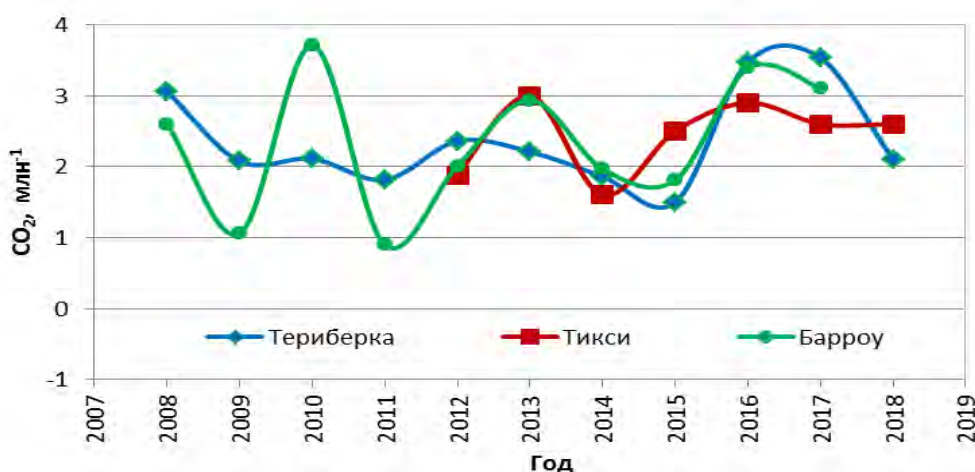


Рис. 1.2.1.1 Межгодовые изменения концентрации CO_2

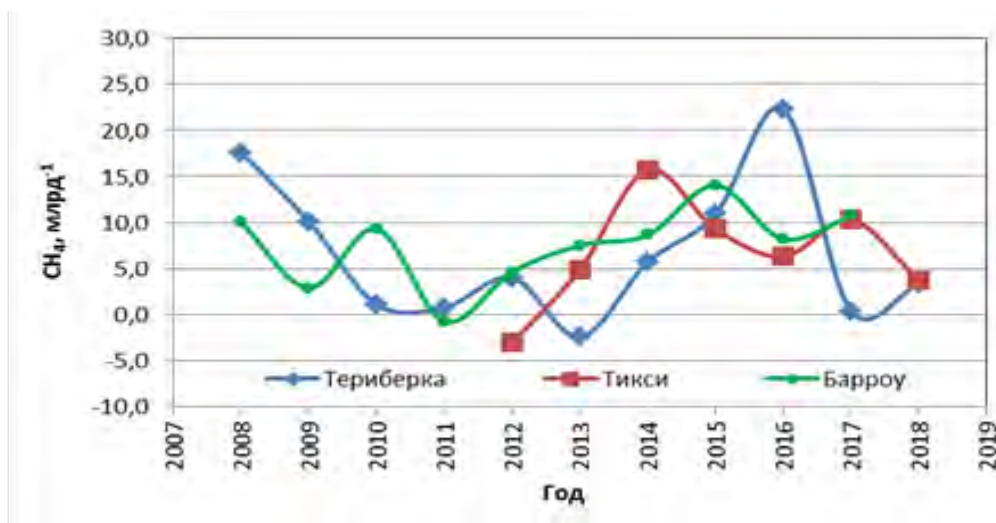


Рис.1.2.1.2 Межгодовые изменения концентрации CH_4

Рассмотрение влияния источников парниковых газов, действующих в районах расположения станций, на основе определения превышения концентрации над фоновым уровнем, представлено для станций Новый Порт, Воейково и Санкт-Петербург на рис. 1.2.1.4 и в табл. 1.2.1.3. При определении превышения в качестве фонового уровня использованы данные (средние за месяц) станции Териберка.

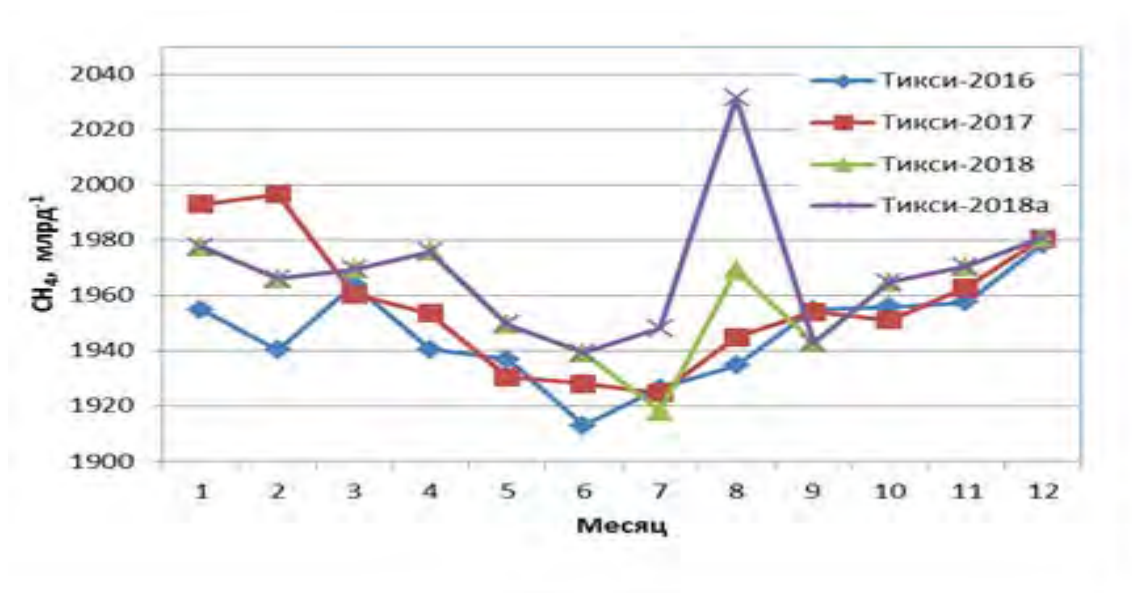


Рис. 1.2.1.3. Сезонный ход концентрации CH_4 на станции Тикси

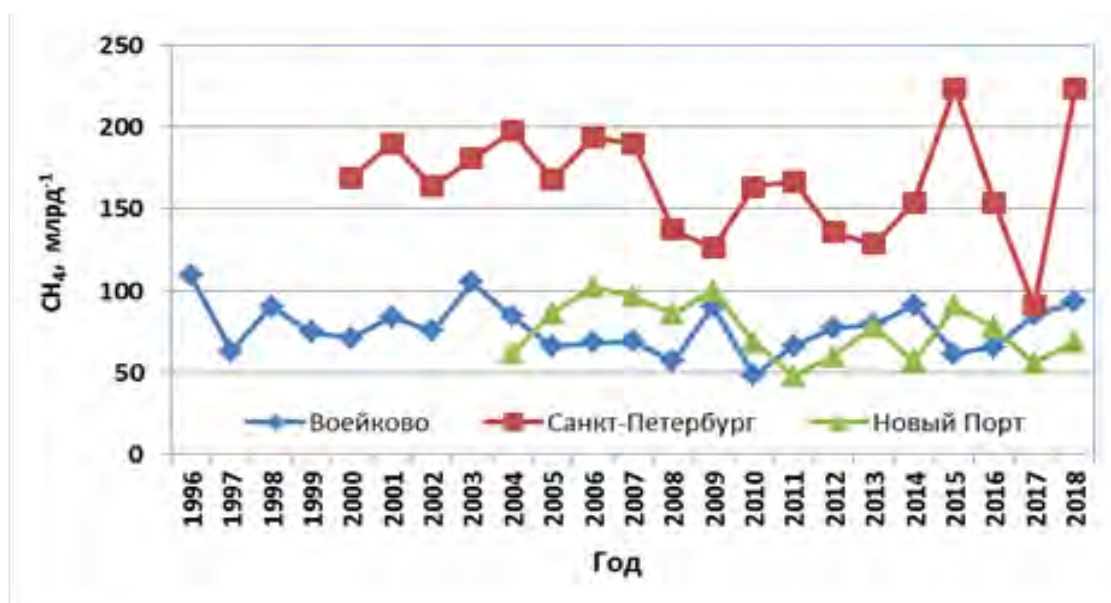


Рис. 1.2.1.4 Среднегодовые превышения концентраций CH_4 над фоновым уровнем

Таблица 1.2.1.3 Средние превышения концентраций парниковых газов над фоновым уровнем

	Превышения концентрации CH_4				Превышения концентрации CO_2			
	млрд ⁻¹	%	млрд ⁻¹	%	млн ⁻¹	%	млн ⁻¹	%
	Новый порт				Новый порт			
Период осреднения	2004-2018		2018		2004-2018		2018	
	75,6	4,0	68,3	3,5	4,5	1,1	3,0	0,7
	Воейково							
Период осреднения	1996-2018		2018					
	77,0	4,1	93,2	4,8				
	Санкт-Петербург							
Период осреднения	2000-2018		2018					
	165,9	8,7	223,7	11,5				

Станция Новый Порт расположена на побережье Обской губы на расстоянии 80–250 км от крупнейших в РФ месторождений природного газа и в 20 км от нефтяного месторождения «Новопортовское». Данные измерений на этой станции подвержены влиянию техногенных выбросов ПГ на месторождениях природного газа и нефти в Западной Сибири и приводят к заметному превышению концентрации метана над фоновым уровнем, а также к повышенному относительно фоновых значений содержанию CO_2 . Максимальные значения превышения CO_2 , достигающие 10 млн^{-1} , наблюдаются в зимний период в основном за счет снижения высоты слоя перемешивания атмосферы и увеличения антропогенных выбросов. Для метана аналогичный показатель достигает 150 млрд^{-1} .

Как видно из представленных данных, превышение концентрации парниковых газов над фоновым уровнем в 2018 г. на станциях Новый порт и Воейково не выходит за пределы наблюдаемых за многолетний период вариаций. В 2018 г. наблюдались максимальные значения концентрации CH_4 в Санкт-Петербурге за последние два года наблюдений.

Результаты измерений концентрации метана в приземном слое атмосферы на СКФМ в Приокско-Тerrasном биосферном заповеднике.

Для проведения мониторинга парниковых газов (ПГ) на ООПТ Российской Федерации в качестве места экспериментальных наблюдений была выбрана станция комплексного фонового мониторинга Росгидромета, расположенная в Приокско-Тerrasном природном биосферном заповеднике (СКФМ «Приокско-Тerrasный БЗ»). На площадке этой станции, начиная с 2006 года, проводится регулярный отбор проб воздуха в специальные сосуды из нержавеющей стали на высоте около 1,5 м от поверхности земли с интервалом 1 раз в декаду, т.е. три пробы в месяц. Отбор проб выполняется в соответствии с методическими указаниями, разработанными в ФГБУ «ИГКЭ им. академика Ю.А. Израэля». Сосуды с пробами воздуха направляются в аккредитованную аналитическую лабораторию ФГБУ «ИГКЭ им. академика Ю.А. Израэля» для определения молярных концентраций метана и диоксида углерода газохроматографическим методом с погрешностью измерений не более 1,0 %. Измерения концентрации метана в приземном слое атмосферы проводились с 2006 г., углекислого газа – с 2011 г.

Согласно данным измерений, до мая 2018 г. значения среднемесячной концентрации метана изменялись в диапазоне от 1982 до 2068 млрд^{-1} (ppb). Низкие значения концентраций наблюдались в весенний период (менее 2000 млрд^{-1}), когда отмечается повышенное содержание гидроксила (окислителя метана) в атмосфере. Высокие значения концентраций метана отмечались в холодное время года – с января по март (более 2000 млрд^{-1}).

Среднемесячные концентрации диоксида углерода в период с января по май 2018 г. изменялись в диапазоне от 425,4 до 491,3 млн^{-1} (ppm). Снижение концентрации отмечалось ближе к середине года, когда углекислый газ начинал расходоваться в результате фотосинтеза. Повышенные значения концентраций наблюдались в холодное время года (в январе, марте и апреле).

В феврале 2018 г. отмечалось временное понижение концентрации что метана, что и углекислого газа (до 2012 млрд^{-1} и 425,4 млн^{-1} соответственно), затем увеличение их содержания в марте (2042 млрд^{-1} и 491,3 млн^{-1} соответственно) с последующим уменьшением концентрации с наступлением весеннего периода до 1998 млрд^{-1} и 429,8 млн^{-1} в мае соответственно.

Среднемесячные концентрации ПГ по результатам наблюдений за 2013-2017 гг. и за 2018 г. приведены на рис. 1.2.1.5 и 1.2.1.6. По графикам видно, что минимальные концентрации

углекислого газа за последние пять лет наблюдались в весенне-летний период (с мая по август). Характер изменений концентрации метана с января по апрель 2018 г. соответствует характеру изменений концентрации газа за последние пять лет.

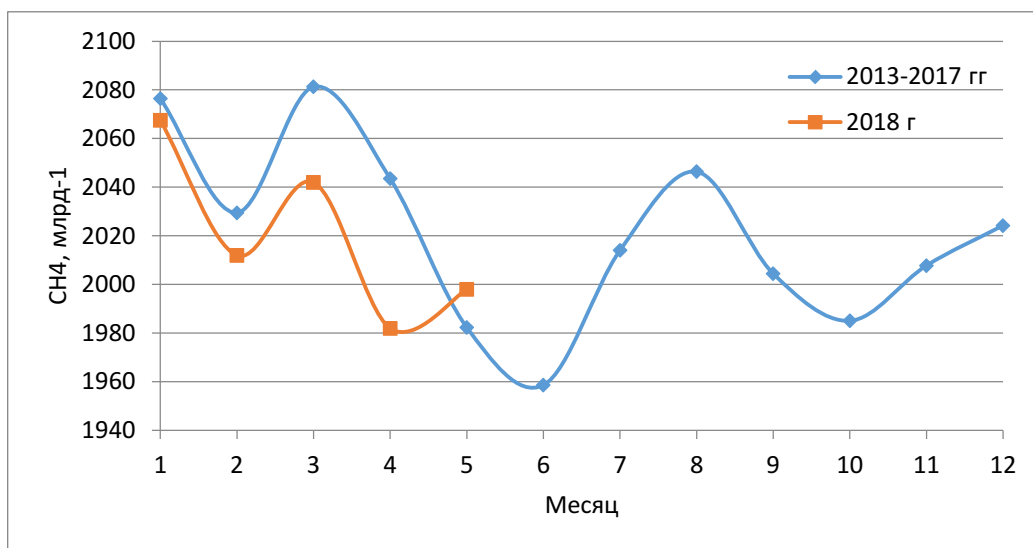


Рис 1.2.1.5 Среднемесячные концентрации CH₄ за 2013-2017 гг. и за 2018 г. на СКФМ «Приокско-Тerrasный БЗ».

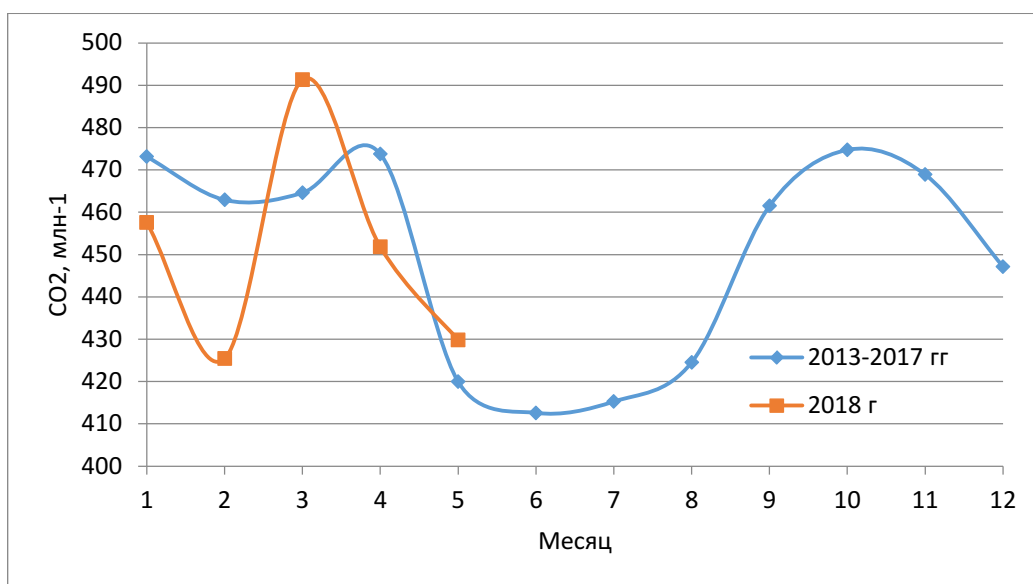


Рис 1.2.1.6 Среднемесячные концентрации CO₂ за 2013-2017 гг. и за 2018 г. на СКФМ «Приокско-Тerrasный БЗ».

Анализ результатов регулярных наблюдений за содержанием ПГ в атмосферном воздухе на СКФМ Приокско-Тerrasного БЗ позволяет сделать следующие оценки:

- за последние 5 лет отмечается рост концентраций метана и диоксида углерода;
- среднегодовые величины концентрации метана колеблются в пределах от 1995 до 2061 млрд⁻¹ с максимальным размахом 66 млрд⁻¹, что составляет около 3,3 % от средней концентрации за последние 5 лет (2026 млрд⁻¹);
- среднее значение концентрации метана за первые пять месяцев 2018 г. составило 2020 млрд⁻¹, что на 23 млрд⁻¹ меньше среднего значения концентрации газа за аналогичный период в 2013-2017 гг.;
- среднегодовые величины концентрации диоксида углерода колеблются в пределах от 434,9 до 465,2 млн⁻¹, с максимальным размахом 30,3 млн⁻¹, что составляет около 6,7 % от сред-

ней концентрации за последние 5 лет ($451,4 \text{ млн}^{-1}$);

- среднее значение концентрации диоксида углерода за первые пять месяцев 2018 г. составило $451,2 \text{ млн}^{-1}$, что на $7,7 \text{ млн}^{-1}$ меньше среднего значения концентрации газа за аналогичный период в 2013-2017 гг.

В целом можно считать, что наблюдаемые концентрации ПГ в атмосферном воздухе на станции КФМ Приокско-Тerrasного БЗ характеризуют региональный фон измеряемых газов с учетом сезонности влияния антропогенных источников.

При оценке результатов следует отметить, что на российских фоновых станциях ВМО: Териберка (Кольский полуостров, побережье Баренцева моря) и Тикси (Арктическое побережье, море Лаптевых, залив Сого), которые расположены в условиях, близких к фоновым, за последние десять лет наблюдений (с 2008 по 2018 гг.) концентрация метана возросла на 3 %, концентрация диоксида углерода увеличилась на 5,6 %.

1.2.2. Общее содержание озона.

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

ОСО является важнейшей характеристикой озонового слоя, которая определяет поглощение ультрафиолетового (УФ) излучения Солнца в области длин волн 290 - 315 нм (так называемая УФ-Б область). Количественно ОСО выражают приведенной толщиной слоя озона, которая получилась бы, если весь содержащийся в атмосфере озон привести к нормальному давлению и температуре 0°C . В среднем по земному шару она равна 3 мм, но может изменяться от 1 мм (в Антарктиде в период весенней озоновой аномалии) до 6 мм (в конце зимы – начале весны над Дальним Востоком). ОСО измеряют в так называемых единицах Добсона (ед.Д.); приведенная толщина слоя озона 3 мм соответствует 300 ед.Д.

Проведён анализ среднемесячных значений отклонений ОСО от нормы по данным реанализа ERA INTERIM. Многолетние среднемесячные значения (нормы) рассчитаны за период 1979-1999 гг. на глобальной сетке $0,75^{\circ} \times 0,75^{\circ}$.

Отклонения среднемесячных значений ОСО над территорией России от нормы находятся в интервале от -11% до +26%.

Над территорией России наибольший дефицит среднемесячного значения ОСО (11%) был зарегистрирован в марте (рис. 1.2.2.1) область около 67° с.ш. и 99° в.д. Максимальное превышение среднемесячного значения ОСО над нормой (26%) было зарегистрировано в феврале (рис. 1.2.2.2) в районе 73° с.ш. и 105° - 110° в.д.

Дефицит среднемесячного значения ОСО на 9% в январе и 11% в марте составляют только 0,85 от стандартного отклонения в наблюдаемых районах для данных месяцев. Превышение среднемесячного значения ОСО над нормой 26% зарегистрированное в феврале составляет 1,7 стандартных отклонений. Дефицит 8% в августе составил - 3,3 стандартных отклонения и является самой значительной аномалией ОСО над территорией России в 2018 г.

Особенности зимнего сезона 2017-2018 гг.

Основным событием зимнего сезона 2017-2018 гг., которое определило состояние озонового слоя в 2018 г. стало главное внезапное стратосферное потепление (ВСП), когда 11

февраля 2018 г зональный ветер впервые изменил своё направление на 60° с.ш. и 10 гПа. ВСП сопровождалось ростом температуры стратосферы Арктики более чем на 20° , резким замедлением скорости зонального ветра и изменением его направления: от ~ 40 м/с до ~ -20 м/с, а также разделением стратосферного полярного вихря (СПВ) на две части. Отрицательные значения скорости зонального ветра наблюдались на уровне давления 10 гПа и 60° с.ш. до начала марта, а позже в течение марта, хотя и изменили свое направление на западное, но не превышали 10 м/с, т.е. восстановления СПВ в средней стратосфере не произошло.

Как следствие ВСП, произошло резкое снижение объема полярных стратосферных облаков (ПСО). По данным реанализа MERRA-2 это произошло 4-8 февраля: от ~ 100 млн. км³ до 10 млн. км³. До завершения зимнего сезона 2017-2018 гг. какого-либо увеличения объема ПСО не произошло. Таким образом, главное ВСП в феврале предотвратило сильное разрушение стратосферного озона в Арктике весной 2018 г.

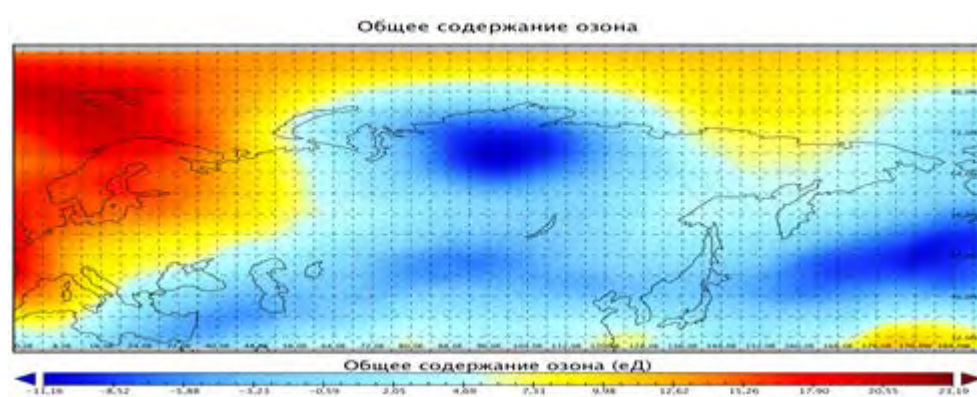


Рис. 1.2.2.1 Поле отклонений (%) общего содержания озона в марте 2018 г. от среднемесячных многолетних значений (1979-1999 гг.)

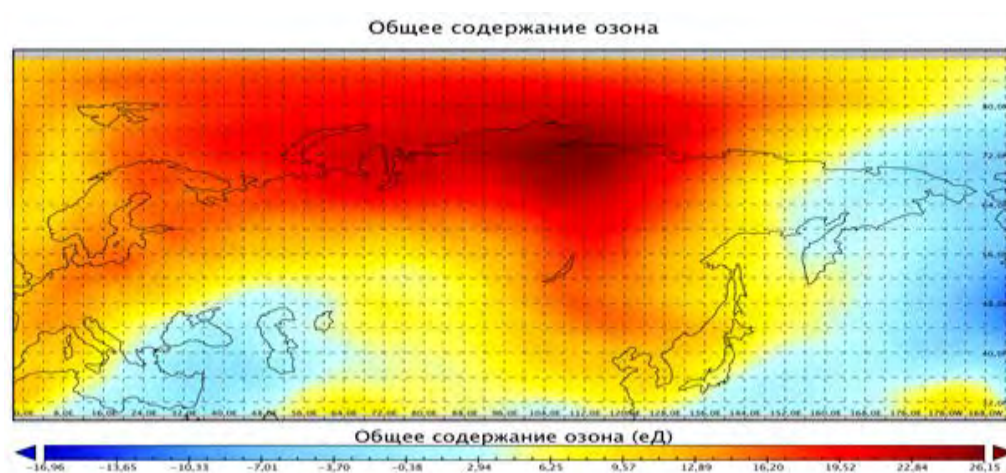


Рис. 1.2.2.2 Поле отклонений (%) общего содержания озона в феврале 2018 г. от среднемесячных многолетних значений (1979-1999 гг.).

Изменчивость общего содержания озона над территорией РФ в течение зимнего сезона 2017-2018 гг.

В течение 2018 г. отмечались отдельные существенные отклонения ОСО от нормы:

с 22 по 30 января пониженные на 20-30% значения ОСО над районами Западной Сибири и Северного Урала, 26.01 (до 260 е.Д);

с 4 по 10 февраля пониженные на 24-32% значения ОСО над Западной Сибирью и Уралом, 8.02 - (до 250 е.Д). Во второй половине февраля стабильное повышение на 30-40% значений ОСО над северными районами Урала и Сибири, 24.02 - (до 660 е.Д);

с 5 по 10 марта пониженные на 24-36% значения ОСО над Северным Уралом, с 11 по 23 и с 27 по 31 марта над Западной Сибирью; с 23 по 26 марта над Восточной Сибирью - (до 290 е.Д);

с 1 по 12 апреля и с 29 по 30 апреля понижение на 22-24% значений ОСО над Западной Сибирью, 5.04 - (до 320 е.Д). С 26 по 29 апреля понижение на 18-22% над Иркутской областью, Бурятией и Забайкальем, 26.04 - (до 310 е.Д);

с 6 по 9 мая понижение на 18% значений ОСО над Хабаровским краем (до 350 е.Д) и в конце мая на 17% - (320 е.Д) над Бурятией и Забайкальским краем;

23 июня понижение на 14% значений ОСО над Центральным районом ЕТР - (до 305 е.Д);

с 24 по 28 июля понижение на 18-22% значений ОСО над Чукоткой - (до 260 е.Д);

с 1 по 5 августа понижение на 14-20% значений ОСО над Бурятией и Забайкальем - (до 270 е.Д); с 14 по 16 и с 25 по 30 августа понижение на 16-19% над южными районами Якутии, Иркутской области и Забайкальем;

с 7 по 20 сентября понижение на 18-26% значений ОСО над Чукоткой - (до 235 е.Д); с 11 по 13 сентября понижение на 16% над северными и центральными районами ЕТР и Уралом - (255 е.Д), с 26 по 30 сентября понижение на 20% над Якутией, Бурятией и Забайкальем - (265 е.Д);

с 26 по 31 октября понижение на 16-22% значений ОСО над Якутией и Чукоткой - (295 е.Д); 1 октября, с 30 по 31 октября повышение на 18% над Уралом и Западной Сибирью - (355 е.Д);

с 1 по 3 ноября понижение на 24% значений ОСО над Магаданской областью, Хабаровским краем, Сахалином - (280 е.Д); с 5 по 7 ноября понижение на 16-24% над ЕТР и Уралом - (ниже 220 е.Д); с 11 по 12 ноября повышение на 20% над Западной Сибирью - (390 е.Д); с 29 по 30 ноября повышение на 24% над Уралом - (370 е.Д);

с 1 по 3 декабря повышение на 24% значений ОСО над Иркутской областью - (440 е.Д); 3 декабря понижение на 20% над Уралом - (250 е.Д).

Особенности состояния озонового слоя над регионами РФ

Измерения ОСО на территории РФ

Анализ полученных результатов измерений ОСО на озонметрических станциях России в 2018 г., так же, как и в предыдущие годы, был произведен на основе разделения поля ОСО над территорией РФ на регионы со сравнительно однородным содержанием озона: Север Европейской территории России (Север ЕТР), Юг Европейской территории России (ЮГ ЕТР), Западная Сибирь (ЗС), Восточная Сибирь (ВС) и Дальний Восток (ДВ).

Использование на сети фильтровых озонметров М-124 с единой методикой измерений, постоянный контроль и отбор достоверной информации позволяют получать данные ОСО с высокой степенью надежности. ГСА ВМО признала данные сети фильтровых озонметров, наряду с данными спектральных озонных спектрофотометров Добсона и Бруера, пригодными для оценки трендов и тенденций состояния озонового слоя над Северным полушарием.

В настоящем обзоре использованы данные озонметрических станций, которые соответствуют нормам качества, удовлетворяющим требованиям ВМО. Продолжительность

наблюдений ОСО, выполненных по одной методике, составляет 45 лет. Многолетние ряды наблюдений отчетливо проявили существенные и преимущественно меридиональные различия сезонного хода ОСО на протяженной территории РФ. Полученные ряды наблюдений позволили рассчитать климатические нормы, за которые приняты средние многолетние значения ОСО за 1973–2002 гг. для регионов РФ (табл. 1.2.2.1).

Многолетние вариации ОСО над территорией РФ

Наличие норм позволяет объективно оценить долговременные изменения толщины защитного озонового слоя, тренды и тенденции в содержании озона за 45-летний период.

Среднегодовые значения ОСО над территорией РФ в целом за период 1973–2018 гг. представлены на рис. 1.2.2.3. Весь 45-летний ряд значений ОСО может быть разделен на четыре периода, для которых тренд межгодовых изменений ОСО был различен:

- 1973–1993 гг. - значительное уменьшение ОСО (- 1,5 е.Д./год);
- 1992–1995 гг. - минимальная толщина озонового слоя;
- 1993–1999 гг. - значительный рост ОСО (более 3,0 е.Д./год);
- 1996–2018 гг. - значительные межгодовые колебания, средний уровень содержания озона (349 е.Д.) несколько ниже нормы, падение ОСО (- 0,4 е.Д./год).

Таблица 1.2.2.1 Общее содержание озона в различных регионах России в 2017 г., норма** и отклонения от нормы (%)

Месяцы / Регионы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Общее содержание озона в 2018 г., е.Д.*													
Север ЕТР	291	426	432	395	362	362	316	310	308	293	265	295	338
Юг ЕТР	368	406	411	382	354	353	332	320	306	294	312	352	349
ЗС	325	429	397	402	400	364	325	323	304	287	296	316	347
ВС	396	490	417	420	400	352	329	300	307	297	316	380	367
ДВ	435	441	471	436	401	365	331	311	304	315	367	414	383
Отклонения ОСО в 2018 г. от нормы, %													
Север ЕТР	-14	13	10,7	-0,9	-4,4	2,9	-4,7	-1,7	2,6	1,1	-7,9	-5,3	-0,8
Юг ЕТР	6,1	9,3	8,1	0,9	-3,5	0,6	-0,2	-0,2	-0,9	-1,0	3,8	10,2	2,8
ЗС	-9,9	11,9	1	2,5	5,0	2,9	-2,4	0,6	-1,8	-3,6	-1,5	-2,0	0,2
ВС	2	18	-3	-2,0	-0,4	-1,7	0,7	-4,9	-2,1	-5,3	-2,2	11,7	0,9
ДВ	2	-1	4	1	1	1,3	0,1	-0,3	-4,1	-4,9	1,1	5,3	0,4
Норма, е.Д. и среднеквадратические отклонения, %													
Север ЕТР	339	379	391	398	379	352	332	315	301	289	287	312	339
	8,0	8,7	7,6	6,3	3,7	3,4	3,3	3,5	3,3	3,5	6,3	7,1	4,1
Юг ЕТР	346	372	380	378	366	350	333	321	308	297	300	319	339
	5,5	5,9	5,5	52,13	3,8	3,4	3,0	3,1	2,9	3,4	3,7	4,7	2,9
ЗС	360	383	393	392	381	354	334	321	309	298	300	323	346
	5,3	6,3	7,3	6,6	4,2	3,1	3,0	3,1	3,2	4,4	4,7	5,4	3,2
ВС	388	415	429	428	402	358	327	316	314	313	323	340	363
	6,1	7,0	7,9	5,1	5,5	3,6	3,4	3,2	3,5	5,1	5,0	7,4	4,1
ДВ	428	447	453	431	398	360	330	312	317	331	363	393	380
	4,4	4,5	5,1	5,1	6,7	3,3	3,3	3,5	4,4	4,8	6,1	5,4	2,8

Примечание:

* 1 е.Д. = 0.001 атм.-см;

**норма - средние многолетние значения и средние квадратичные отклонения (нижняя строка) за 1973-2002 гг.

В течение 1973–2018 гг. толщина озонового слоя ниже нормы (353 е.Д.) более чем на 5% наблюдалась в 1992 г. (-5,4%), 1993 г. (-7,1%), 1995 г. (-5,9%), 2008 г. (-5,4%), 2011 г. (-5,8%).

В течение 45 лет наблюдений ОСО над РФ совершенно 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.

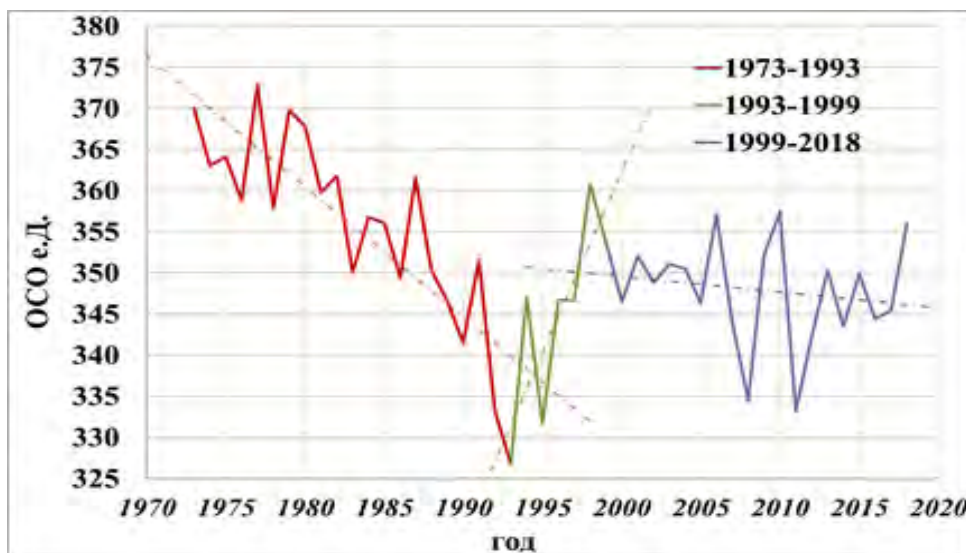


Рис. 1.2.2.3 Среднегодовые значения ОСО над территорией РФ в период 1973–2018 гг.

Вариации поля ОСО над регионами РФ в 2018 г.

Результаты расчета среднемесячных значений ОСО над регионами РФ в 2018 г. и их отклонения от нормы приведены в таблице 1.2.2.1 и представлены на рис. 1.2.2.4.

На Севере ЕТР среднегодовой уровень ОСО в 2018 г. был немного ниже нормы (-0,8%). В то же время отмечены резкие колебания ОСО в начале и конце года. В январе наблюдалось аномально низкое содержание озона - на 14% ниже нормы, а в феврале–марте - аномально высокое содержание озона - на 13% выше нормы. В конце года наблюдались устойчиво-низкие значения - на 5-8% ниже нормы.

На Юге ЕТР среднегодовой уровень ОСО был выше нормы (+2,8%). Высокие для региона значения ОСО наблюдались в начале и конце года, а в остальное время значения были умеренно понижены или близки к норме. В феврале-марте содержание озона превышало норму на 9%, а в декабре на 10%.

Над Западной Сибирью в течение 2018 г. среднегодовой уровень ОСО был близок к норме (+0,2%). Максимальное превышение нормы наблюдалось в феврале (+11,9%), а наиболее низкие значения ОСО отмечены в январе (-9,9%).

Над Восточной Сибирью среднее за год содержание озона было немного выше нормы (+0,9%). Аномально высокими относительно нормы значения ОСО были в феврале (+18%) и в декабре (+11%). Наиболее низкие значения ОСО наблюдались в августе (-4,9%) и в октябре (-5,3%). В остальные месяцы значения были преимущественно несколько ниже нормы.

На Дальнем Востоке в течение 2018 г. не наблюдалось столь значительных, как в остальных регионах, отклонений от нормы. Превышение нормы наблюдалось в марте (+4%) и декабре (+5,3%), а низкие значения в октябре (-4,1%) и ноябре (-4,9%). Среднее же за год значение оказалось близким к норме (+0,4%).

Над всей территорией РФ в 2018 г. средняя за год толщина озонового слоя составила 357 е.Д. и оказалась выше нормы (353 е.Д.) всего на 1,1%, хотя во всех регионах наблюдались значительные периоды с аномально низкими и аномально высокими значениями ОСО.

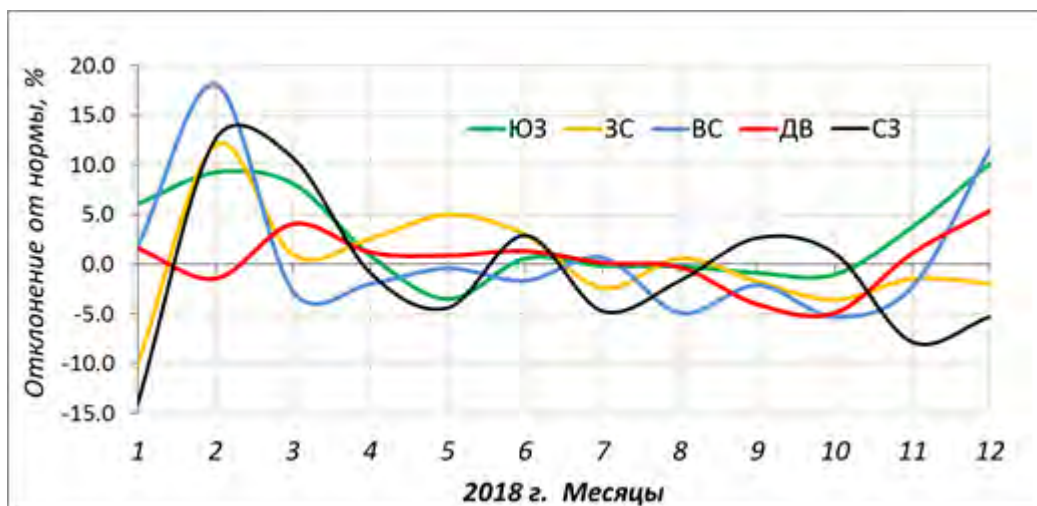


Рис. 1.2.2.4 Отклонения среднемесячных значений ОСО от нормы в регионах РФ в 2018 г. (СЗ – Север Европейской территории России, ЮЗ – Юг Европейской территории России, ЗС – Западная Сибирь, ВС – Восточная Сибирь, ДВ – Дальний Восток)

Поле ОСО и особенности циркуляции 2018 г.

Как правило, все аномалии, наблюдаемые в поле озона Северного полушария, связаны с особенностями общей циркуляции в нижней стратосфере и верхней тропосфере, характерными для рассматриваемого периода.

В большинстве случаев, в зимнее полугодие глубокий циркумполярный вихрь с очень низким содержанием озона и низкой температурой располагается в околополярной зоне и обычно смещен к Северной Атлантике. В тоже время, в течение зимы над Сибирью, Дальним Востоком и Востоком Канады устанавливается высотный антициклон с высоким содержанием озона и высокой температурой.

Распределение ОСО над территорией РФ и его вариации в 2018 г. имели ряд особенностей. В январе сохранялись аномально низкие значения озона на севере ЕТР и в западной Сибири. С конца января началось раннее образование области повышенных значений ОСО (так называемый весенний максимум) на Дальнем Востоке. Значения ОСО сначала составляли около 500 е.Д., но наблюдалось постепенное увеличение количества озона до значений в 600 е.Д. и более на некоторых станциях в отдельные дни. Данная область до середины февраля размещалась, в основном, над Дальним Востоком. С 12 февраля началось расширение и перемещение области с повышенными значениями ОСО до 550-575 е.Д. на запад, вплоть до Скандинавии и Балтийского моря. Такое расширение области весеннего максимума, а также сами высокие значения ОСО аномальны и их связь с высотными барическими образованиями подлежит более глубокому анализу. Необходимо также отметить, что области повышенных значений стратосферного озона соответствовала область низких (местами до экстремальных) значений в поле приземной температуры.

К особенностям 2018 г. следует также отнести наблюдаемые в третьей декаде июля и начале августа несколько заниженные значения ОСО на европейской территории РФ. Пониженные значения ОСО (290-298 е.Д.) изначально наблюдались на арктических станциях (Мурманск, Архангельск, Печора), а после 25 июля область с пониженными значениями постепенно распространилась на юг - через Санкт-Петербург и Москву вплоть до Воронежа и Цимлянска, и сохранялась до 4 августа. Области пониженных значений ОСО соответствовала область повышенных значений в поле приземной температуры. Также низкие значения озона

характеризуют поле озона над Восточной Сибирью (280-300 е.Д.) в течение августа и сентября и над севером ЕТР в октябре-декабре (до 220 (е.Д.)

1.2.3. Оптическая плотность и прозрачность атмосферы

Интегральная оптическая плотность (синонимы – толщина, толща) атмосферы (ОПА) связана с интегральной прозрачностью атмосферы соотношением

$$\text{ОПА} = -0,5 \ln (S_{p,30} / S_0) = -\ln P_2 . \quad (1)$$

Здесь $S_{p,30}$ – 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°). ОПА дает возможность получить косвенную оценку аэрозольного ослабления в атмосфере, поскольку, в указанном диапазоне λ вариации ОПА определяются главным образом содержанием в атмосфере аэрозоля и водяного пара. Именно поэтому в теплое время года из-за увеличения влагосодержания и турбулентного обмена в атмосфере значения ОПА выше, чем в холодный период.

В таблице 1.2.3.1 представлены районы расположения и координаты станций фонового мониторинга, на которых проводятся наблюдения за ОПА и прозрачностью атмосферы.

Таблица 1.2.3.1 Координаты региональных станций фонового мониторинга, ведущих наблюдения за оптической плотностью и интегральной прозрачностью атмосферы

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

Примечания к табл. 2.6, 2.7

* Городские станции, являющиеся парными фоновым, указанным на строку выше

** станция Диксон начала присылать свою информацию с 2014 г.

Средние за 2018 г. значения P_2 и ОПА для региональных станций фонового мониторинга и трех парных им городов в сравнении со значениями 2017 года приводятся в таблице 1.2.3.2.

На рис. 1.2.3.1 показаны внутригодовые изменения среднемесячных значений ОПА в 2018 г. на станциях фонового мониторинга.

Максимально высокое замутнение атмосферы и, соответственно, наименьшая прозрачность наблюдается в летние месяцы, что обусловлено усилением турбулентного перемешивания и открытой подстилающей поверхностью. Как правило, на городских станциях степень замутнения выше, чем на парных им фоновых региональных станциях. Максимальные среднемесячные значения в городах Кургане* и Иркутске* были зафиксированы в июле и составили 0,325 и 0,382 соответственно (рис. 1.2.3.1 а, б).

В 2018 г. горная станция Шаджатмаз (Северный Кавказ, 2070 м над уровнем моря) по-прежнему является наиболее чистой (рис. 1.2.2.1 в). В июне среднемесячное значение ОПА на ней не превышает 0,236, а минимальное среднемесячное значение было зарегистрировано в марте 2018 г. - (0,139). Из равнинных региональных станций наименьшая замутненность атмосферы характерна для станции Туруханск (Красноярский край) (рис. 1.2.3.1 в).

Таблица 1.2.3.2 Среднегодовые значения ОПА и P_2 , их стандартные отклонения ($\pm\sigma$) средних месячных значений от среднего за год на станциях фонового мониторинга в 2017 и 2018 гг.

Станция	ОПА $\pm\sigma$ 2017 г.	ОПА $\pm\sigma$ 2018 г.	$P_2\pm\sigma$ 2017 г.	$P_2\pm\sigma$ 2018 г.
Туруханск	0,216 $\pm$ 0,015	0,218 $\pm$ 0,017	0,806 $\pm$ 0,012	0,804 $\pm$ 0,014
Усть-Вымь	0,256 $\pm$ 0,046	0,284 $\pm$ 0,054	0,775 $\pm$ 0,034	0,754 $\pm$ 0,040
Сыктывкар*	-	-	-	-
Воейково	0,245 $\pm$ 0,040	0,266 $\pm$ 0,036	0,783 $\pm$ 0,031	0,767 $\pm$ 0,028
Памятное	0,247 $\pm$ 0,023	0,222 $\pm$ 0,043	0,782 $\pm$ 0,018	0,802 $\pm$ 0,034
Курган*	0,274 $\pm$ 0,035	0,258 $\pm$ 0,040	0,761 $\pm$ 0,026	0,774 $\pm$ 0,031
Хужир	0,224 $\pm$ 0,035	0,231 $\pm$ 0,041	0,800 $\pm$ 0,028	0,795 $\pm$ 0,032
Иркутск*	0,241 $\pm$ 0,043	0,253 $\pm$ 0,061	0,787 $\pm$ 0,034	0,779 $\pm$ 0,046
Шаджатмаз	0,177 $\pm$ 0,035	0,181 $\pm$ 0,032	0,838 $\pm$ 0,029	0,835 $\pm$ 0,027
о-в Диксон	0,316 $\pm$ 0,024	0,342 $\pm$ 0,039	0,718 $\pm$ 0,017	0,711 $\pm$ 0,028

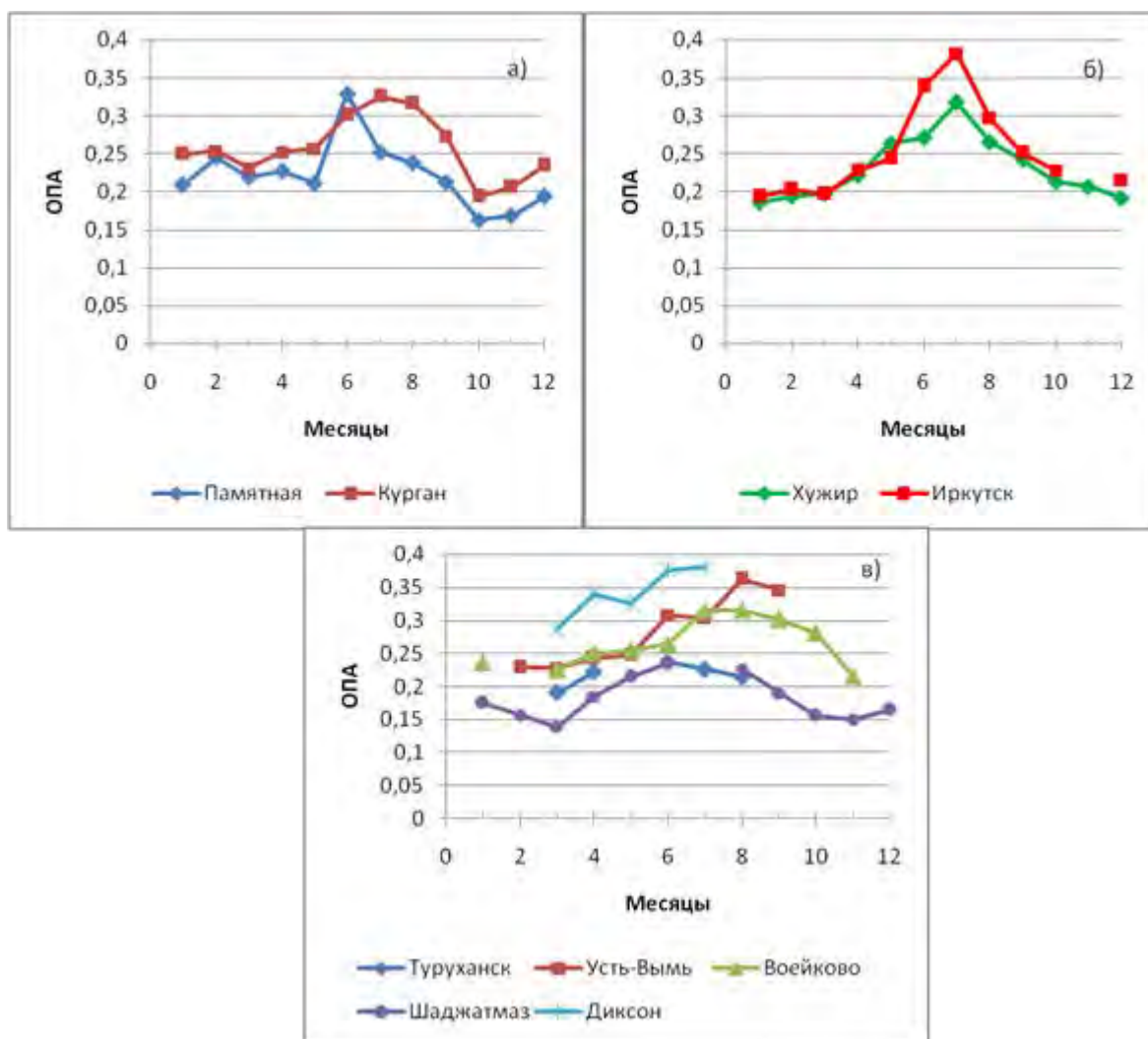


Рис. 1.2.3.1 Годовой ход ОПА на станциях фонового мониторинга в 2018 г.

Самой чистой станцией с наименьшими значениями ОПА и максимальной прозрачностью атмосферы остается горная станция Шаджатмаз на Северном Кавказе (рис. 1.2.3.1 в). Даже летом, в июне, среднемесячное значение ОПА на ней не превышает 0,236, а минимальное среднемесячное значение было зарегистрировано в марте в 2018 г. (0,139). Из равнинных станций по величине ОПА к ней приближалась сибирская станция Туруханск (рис. 1.2.3.1 в).

Сильнее загрязнена атмосфера на станциях Воейково и Усть-Вымь (рис. 1.2.3.1 в). На этих станциях среднемесячные значения ОПА варьировали в интервале от 0,216 (Воейково, март) до 0,363 (Усть-Вымь, август). Отсутствие среднемесячных значений ОПА на станции Усть-Вымь с октября по декабрь обусловлены невозможностью проведения наблюдений из-за погодных условий.

Самой проблемной станцией является арктическая станция о-в Диксон. Она присоединилась к этой программе наблюдений в 2014 г., и с этого года ОПА на ней неуклонно возрастает. В 2014 г. среднее за наблюдательный сезон значение ОПА составляло 0,214, в 2015 г. - 0,250, в 2016 г. - 0,267, в 2017 г. - 0,333, в 2018 г. - 0,342. В настоящее время о-в Диксон является станцией с самым высоким среднегодовым значением оптической плотности атмосферы (табл. 1.2.3.2). Среднемесячное значение ОПА в июле на ней практически такое же, как в городе Иркутск*. Причину столь стремительного роста ОПА на станции о-в Диксон пока не установлено, можно предположить наличие влияния локальных источников загрязнения.

Сравнение осредненных за 2018 г. значений ОПА с 30-летней нормой ОПА приведены на рис. 1.2.3.2.

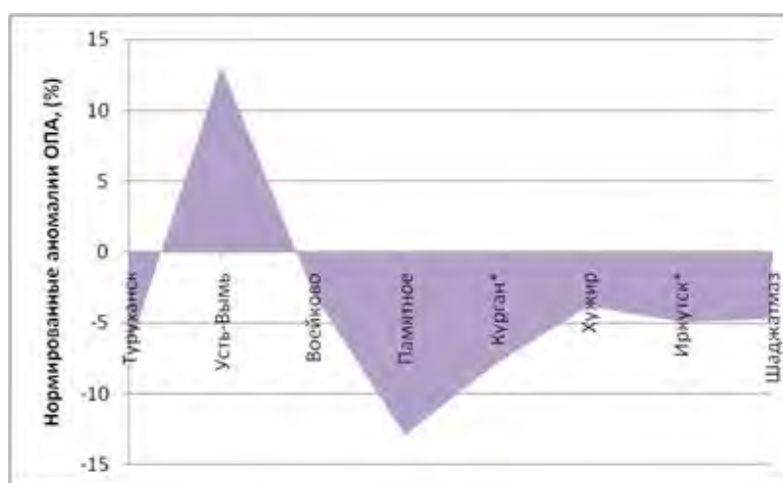


Рис. 1.2.3.2 Нормированные аномалии ОПА в 2018 г. относительно многолетней нормы

За нормы ОПА принимались средние значения ОПА за период с 1979 по 2012 г. Из этого периода были изъяты 1983–1984 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.

Как видно из рис. 1.2.3.2, средние годовые значения ОПА в 2018 г. по сравнению с 30-летней нормой были понижены на большинстве станций. Единственная станция, на которой в 2018 г. ОПА существенно превзошла норму (+13,1%), это станция Усть-Вымь. Максимальное отрицательное отклонение по сравнению с нормой отмечено в 2018 г. на станции Памятное (-12,9%).

Многолетняя изменчивость оптической плотности атмосферы на станциях фонового мониторинга позволяет судить рис. 1.2.3.3. На нём показано изменение в процентах нормированных аномалий ОПА на всех фоновых станциях с начала 1970-х годов и по 2018 г. включительно.

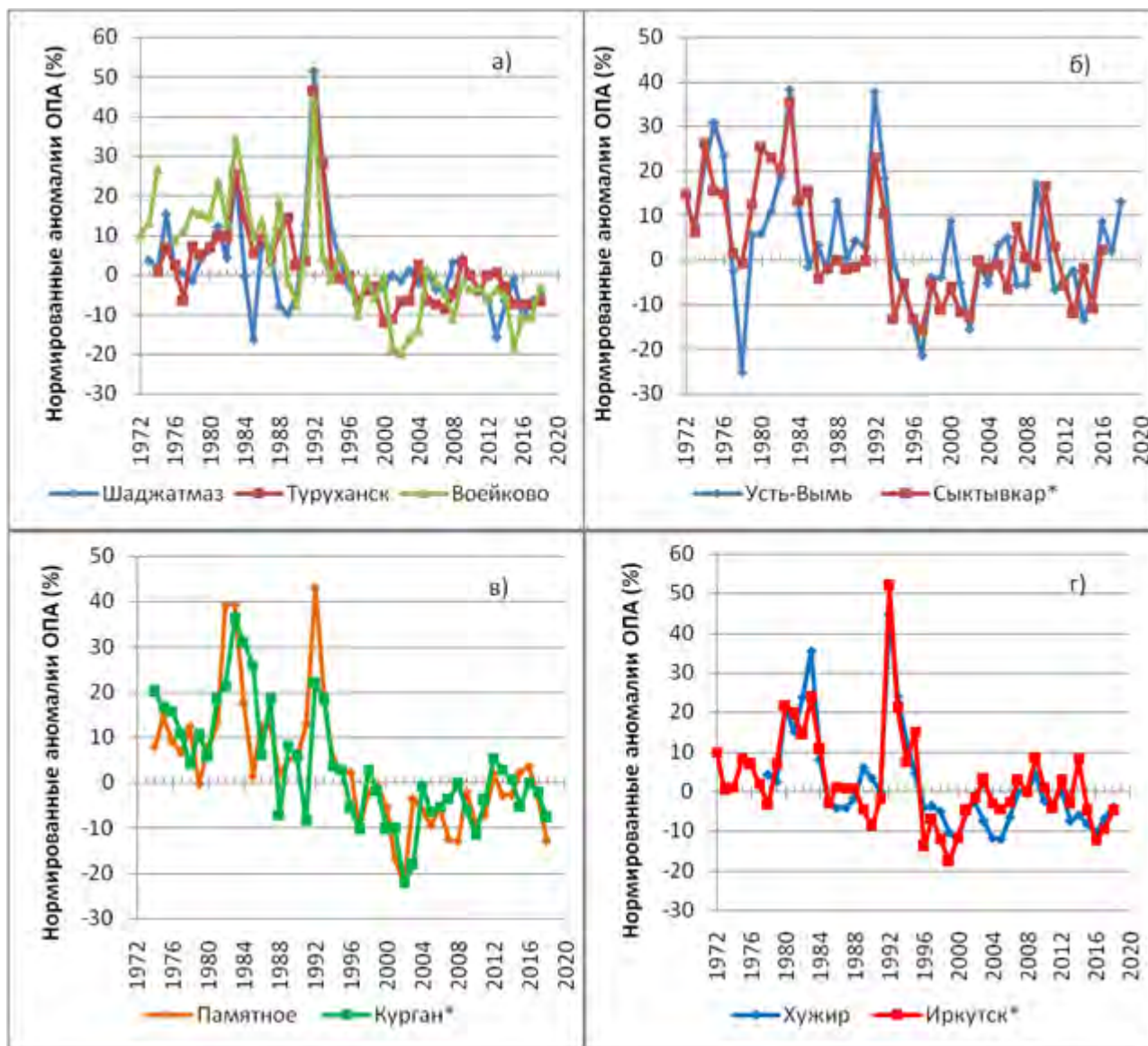


Рис. 1.2.3.3. Межгодовая изменчивость нормированных аномалий ОПА (%) на станциях фонового мониторинга атмосферы

Наиболее продолжительный период с положительными нормативными аномалиями ОПА был связан с крупными вулканическими извержениями - Фуэго (1974), Эль-Чичон (1982) и Пинатубо и Хадсон (1991). Самым сильным был отклик атмосферы на извержения вулканов Пинатубо и Хадсон, произошедших в июне и августе 1991 г. После этих извержений значения положительных нормированных аномалий ОПА достигали 40–50%.

В середине 1990 гг. в результате самоочищения атмосферы начался рост прозрачности, падение ОПА и постепенный переход нормированных аномалий ОПА в область отрицательных значений, чему способствовало и сокращение промышленной активности в постперестроечные годы. С 2000-ого года характер колебаний нормированных аномалий неодинаков. На непарных станциях они находятся в основном ниже нормы (рис. 1.2.3.3).

На рис. 1.2.3.4 представлено изменение абсолютных среднегодовых значений ОПА, характеризующих среднегодовой уровень оптического загрязнения атмосферы на станциях фонового мониторинга.

Наиболее чистой станцией является горная станция Шаджатмаз, со среднегодовыми значениями ОПА (0,15 - 0,20) (рис. 1.2.3.4 а). Из равнинных станций к наименее загрязненным относятся сибирские станции Хужир и Туруханск со среднегодовыми значениями ОПА (0,20 - 0,25) (рис. 1.2.3.4 а, г). На станции Памятное (Западная Сибирь, Курганская обл.) общий уровень замутнения несколько выше из-за ее степного расположения (рис. 1.2.3.4 в).

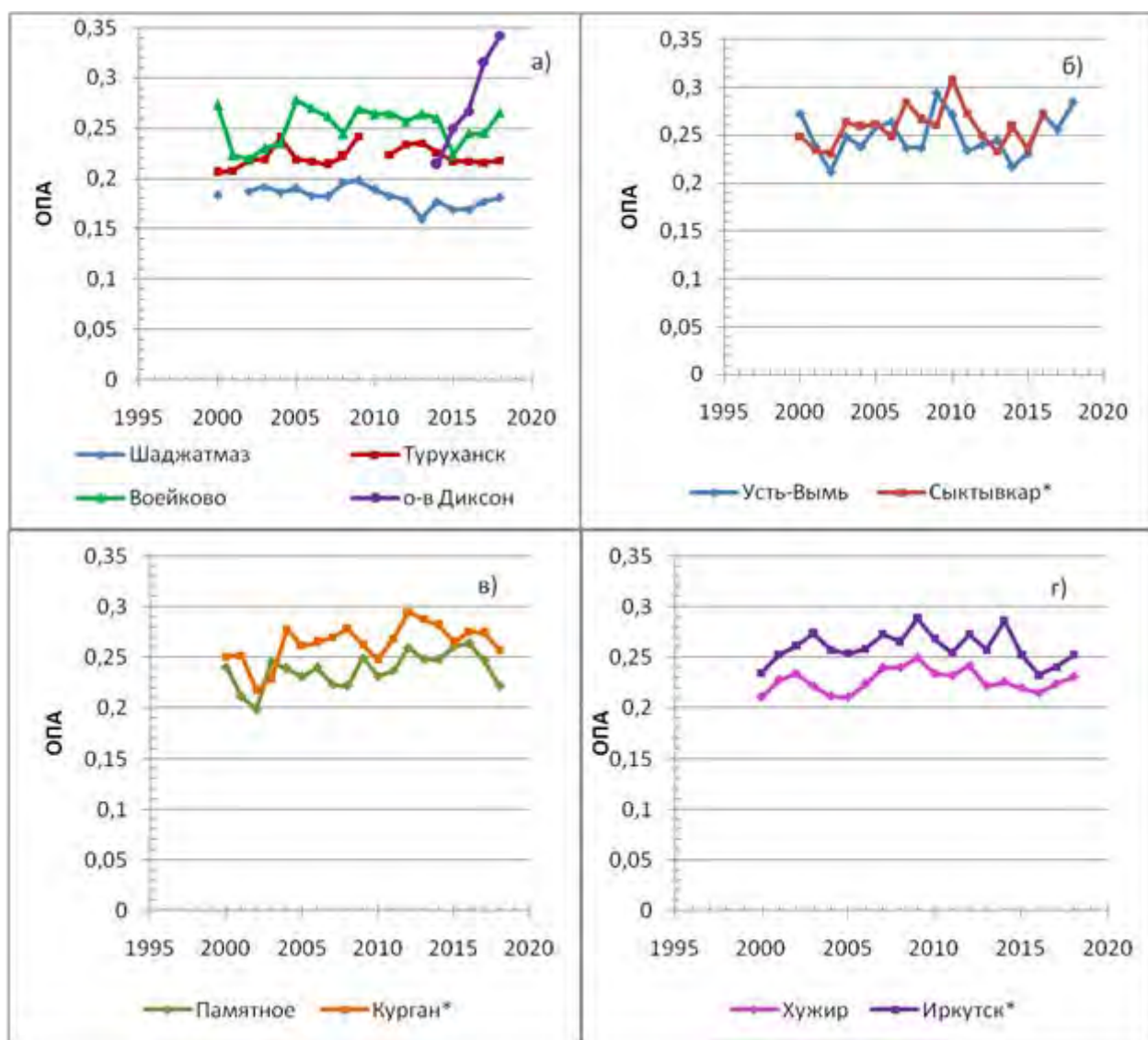


Рис. 1.2.3.4. Изменчивость среднегодовых значений ОПА за период 2000-2018 гг.

Более высокий уровень оптического загрязнения атмосферы имеет место на станции Воейково (13 км к востоку от границы Санкт-Петербурга) и станции Усть-Вымь, находящейся в Республике Коми (рис. 1.2.3.4 а, б). В городах Курган* и Иркутск* на протяжении 2000-2018 гг. уровни оптического загрязнения атмосферы более высокие, чем на парных им региональных фоновых станциях Памятное и Хужир. Среднегодовые значения ОПА в них варьируют в пределах от 0,22 до 0,30. Исключение составляет станция Сыктывкар*, парная станции Усть-Вымь. На ней в отдельные годы среднегодовые значения ОПА были ниже, чем на парной

региональной фоновой станции (рис. 1.2.3.4 б).

Лишь на арктической станции о-в Диксон, как уже упоминалось, с 2014 г. наблюдается непрерывный аномальный рост ОПА (рис. 1.2.3.4 а). В 2017 и 2018 гг. среднегодовые значения ОПА здесь существенно превзошли аналогичные значения не только на среднеширотных фоновых региональных станциях, но и в парных им городах.

За исключением арктической станции о-в Диксон за период с 2000 по 2018 г. значимых трендов на исследуемых станциях фонового мониторинга не было зарегистрировано.

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 станции Воейково (В), в ОГМС Иркутск (И). Также представлены данные измерений V' в ОГМС Верхнее Дуброво (ВД) в окрестностях Екатеринбурга и на аэрологической станции в Южно-Сахалинске (ЮС). Общая продолжительность измерений в Воейково составила 68 лет, в Иркутске – 58 лет, в Верхнем Дуброво – 60 лет, в Южно-Сахалинске – 49 лет. Датчики измерителей V' , L^+ и L^- установлены в пределах одного–трех 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 за 2010–2018 гг. приведены в таблице 1.2.4.1. В таблице 1.2.4.2 приведены обобщенные по сезонам результаты измерений удельной суммарной электрической проводимости воздуха LS на станциях Воейково и Иркутск за 2010–2018 гг., на станциях Верхнее Дуброво и Южно-Сахалинск за 2015–2018 гг.

В скобках указаны минимальные и максимальные среднемесячные значения измеряемых величин за сезон и год.

Таблица 1.2.4.1. Сезонные (LC) и среднегодовые (LG) значения удельной суммарной электрической проводимости воздуха (фСм/м), минимальные и максимальные среднемесячные значения суммарной электрической проводимости LS (в скобках) на станциях Воейково (В), Иркутск (И) (2010-2018 гг.), Верхнее Дуброво (ВД) и Южно-Сахалинск (ЮС) (2015-2018 гг.)

Станция	Год	$V'_c, (V')$				$V'_g, (V')$
		Зима	Весна	Лето	Осень	
ВД	2018	18 (16, 19)	15 (11, 20)	9 (9, 9) Н	-	14 (9, 20) С
	2017	16 (14, 17)	13 (9, 18)	11 (10, 12)	12 (11, 13)	13 (9, 18)
	2016	16 (14, 19)	12 (9, 18)	9 (7, 10)	11 (10, 12)	12 (7, 19)
	2015	17 (16, 17)	15 (13, 18)	9 (9, 10)	11 (5, 17)	13 (5, 18)
	2014	14 (12, 16)	15 (10, 22)	10 (7, 13)	13 (12, 14)	13 (7, 22)
	2013	14 (13, 16)	12 (11, 14)	10 (10, 10)	12 (8, 17)	12 (8, 17)
	2012	18 (16, 21)	12 (12, 12)	12 (12, 12)	13 (10, 15) Н	14 (10, 21)
	2011	23 (21, 26)	13 (8, 18)	10 (9, 11)	14 (11, 19)	15 (8, 26)
В	2010	24 (23, 25)	17 (14, 20)	14 (12, 15)	21 (16, 29)	18 (12, 29)
	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)
	2014	10 (7, 13)	10 (6, 14)	11 (9, 12)	14 (13, 15)	11 (6, 15)
	2013	9 (9, 9)	11 (9, 15)	8 (7, 10)	8 (6, 10)	9 (6, 15)
	2012	9 (6, 13)	11 (10, 13)	8 (7, 9)	8 (7, 10)	10 (6, 13)
И	2011	14 (12, 17)	10 (6, 13)	8 (7, 8) Н	10 (8, 12) Н	10 (6, 17)
	2010	12 (12, 14)	10 (9, 12)	9 (4, 12)	10 (7, 15)	10 (4, 15)
	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)
	2014	11 (10, 12)	9 (8, 11)	7 (6, 8)	9 (7, 10)	9 (6, 12)
	2013	12 (10, 13)	9 (7, 10)	6 (5, 6)	8 (6, 10)	9 (6, 13)

ЮС	2012	10 (7, 12)	10 (9, 12)	6 (6, 7)	9 (7, 11)	9 (6, 12)
	2011	14 (13, 15)	11 (8, 13)	6 (5, 7)	9 (8, 10)	10 (5, 15)
	2010	16 (15, 17)	11 (7, 15)	6 (5, 6)	10 (9, 12)	11 (5, 17)
	2018	34 (29, 38)	13 (6, 25)	6 (5, 7)	-	18 (5, 38) С
	2017	30 (27, 34)	14 (7, 21)	7 (5, 10)	19 (14, 22)	18 (5, 34)
	2016	31 (27, 33)	20 (11, 29)	11 (9, 12)	17 (14, 21)	21 (9, 33)
	2015	38 (34, 42)	17 (9, 24)	9 (7, 10)	12 (9, 15)	19 (7, 42)
	2014	36 (33, 38)	20 (11, 28)	9 (8, 11)	17 (15, 20)	21 (8, 38)
	2013	34 (32, 35)	23 (19, 27)	13 (12, 14)	17 (14, 19)	22 (12, 35)
	2012	34 (24, 40)	22 (14, 30) Н	11 (10, 12) Н	18 (14, 25)	21 (10, 40)
	2011	24 (21, 26)	18 (20, 15)	12 (11, 13)	20 (14, 26)	18 (11, 26)
	2010	33 (28, 41)	18 (10, 25)	8 (7, 8)	16 (12, 20)	19 (7, 41)

Примечание к табл. 1.2.4.1 и 1.2.4.2

Средние за сезон значения, полученные по данным за 2 месяца, отмечены буквой «Н» (неполные), средние значения за год, вычисленные по данным трех сезонов отмечены символом «С».

Из представленных в таблице 1.2.4.1 данных наблюдений следует, что существенных изменений V' в 2018 г. по сравнению с периодом (2010–2017 гг.) не произошло, хотя на станциях Иркутск и Южно-Сахалинск отмечается некоторое снижение сезонных (лето и осень) и годовых значений V' в 2018 г.

Как следует из таблицы 1.2.4.2, в 2018 г. по сравнению с периодом 2010–2017 гг. отмечается незначительное увеличение LS в Иркутске и также незначительное уменьшение LS в Верхнем Дуброво и Южно-Сахалинске на фоне периода 2015–2017 гг., хотя конкретно по сравнению с 2017 г. значения LS в 2018 г. на всех станциях остались без изменений.

На рис. 1.2.4.1 представлен годовой ход V' по всем станциям сети за 2018 г. на фоне осредненного годового хода V' за предшествующий пятилетний период (2013–2017 гг.). На рис. 1.2.4.2 в такой же форме показан годовой ход LS по всем станциям.

Таблица 1.2.5.2. Сезонные (L_C) и среднегодовые (L_G) значения удельной суммарной электрической проводимости воздуха (фСм/м), минимальные и максимальные среднемесячные значения суммарной электрической проводимости LS (в скобках) на станциях Воейково (В), Иркутск (И) (2010–2018 гг.), Верхнее Дуброво (ВД) и Южно-Сахалинск (ЮС) (2015–2018 гг.)

Станция	Год	$L_C, (L_S)$				$L_G, (L_S)$
		Зима	Весна	Лето	Осень	
В	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)
	2014	20 (19, 21)	22 (22, 23)	24 (22, 26)	19 (16, 22)	21 (16, 26)
	2013	18 (18, 19)	20 (19, 21)	24 (22, 26)	22 (20, 24)	21 (18, 26)
	2012	21 (17, 23)	21 (19, 23)	22 (19, 25)	21 (20, 22)	21 (17, 25)
	2011	18 (14, 23)	20 (15, 24)	24 (23, 24) Н	23 (22, 23) Н	21 (14, 24)
И	2018	18 (16, 22)	18 (15, 22)	21 (20, 21) Н	25 (22, 28)	21 (15, 28)
	2017	19 (18, 20)	24 (23, 25)	22 (19, 15)	25 (24, 27)	23 (15, 27)
	2016	20 (19, 21)	23 (23, 24)	22 (20, 23)	25 (23, 27)	23 (19, 27)
	2015	15 (13, 17)	20 (19, 22)	18 (17, 21)	19 (19, 21)	18 (13, 22)
	2014	25 (22, 27)	24 (22, 27)	16 (14, 19)	22 (18, 26)	22 (14, 27)
	2013	17 (15, 20)	18 (18, 19)	26 (26, 27)	23 (21, 26)	21 (15, 27)
	2012	16 (14, 18)	19 (18, 22)	21 (20, 21)	23 (23, 24)	20 (14, 24)
	2011	14 (14, 14)	16 (14, 17)	17 (15, 20)	18 (16, 20)	16 (14, 20)
ВД	2018	16 (16, 17)	17 (15, 19)	18 (13, 24)	19 (17, 21)	18 (13, 24)
	2017	20 (15, 23)	18 (15, 20)	23 (22, 24)	22 (21, 23)	21 (15, 24)
	2016	14 (12, 16)	13 (12, 14)	15 (15, 16)	13 (14, 10)	14 (10, 16)
	2015	13 (13, 14)	13 (12, 15)	14 (14, 15)	17 (16, 17)	14 (12, 17)
ЮС	2018	19 (Н)	17 (Н)	16 (16, 16)	18 (14, 19)	17 (14, 19)
	2017	17 (17, 17)	16 (15, 17)	17 (16, 18)	17 (14, 19)	17 (14, 19)
	2016	6 (5, 7)	7 (6, 9)	11 (8, 12)	9 (7, 11)	8 (5, 12)
	2015	7 (6, 9)	8 (6, 10) Н	8 (8, 9)	8 (7, 9)	8 (6, 10)
	2018	11 (Н)	9 (9, 10)	10 (9, 12)	-	10 (9, 12) С
	2017	7 (7, 8)	9 (7, 12)	14 (12, 16)	15 (12, 17)	11 (7, 17)

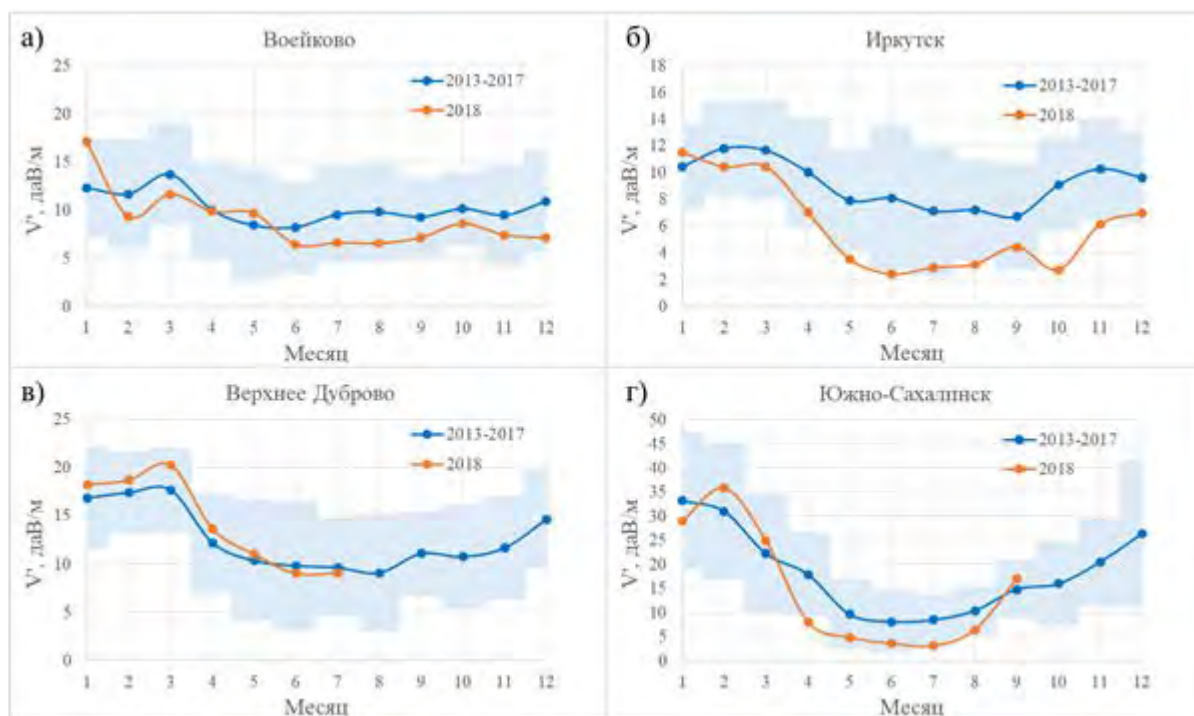


Рис. 1.2.4.1. Годовой ход V' по станциям атмосферно-электрической сети (а) Воейково, (б) Иркутск, (в) Верхнее Дуброво и (г) Южно-Сахалинск в 2018 г. на фоне осредненного годового хода V' за период 2013–2017 гг. Цветным фоном обозначены границы стандартного отклонения $\pm\sigma$ от среднего значения за 2013–2017 гг.

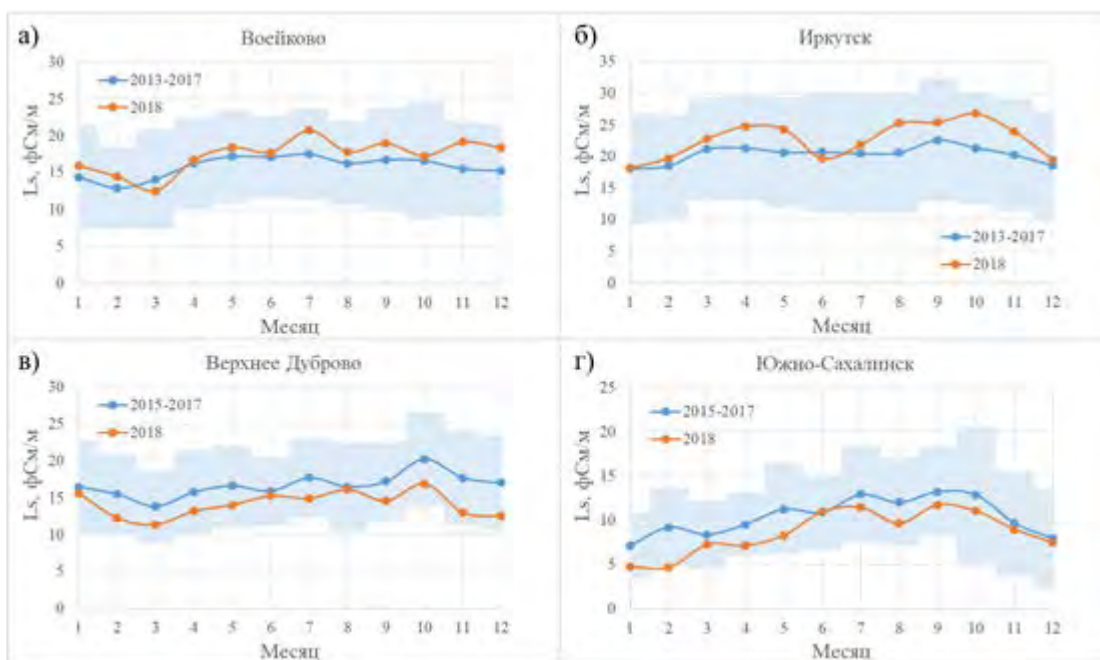


Рис. 1.2.4.2. Годовой ход L_s по станциям (а) Воейково и (б) Иркутск в 2018 г. на фоне осредненного годового хода L_s за период 2013–2017 гг., на станциях Верхнее Дуброво и Южно-Сахалинск на фоне 2015–2017 гг. Цветным фоном обозначены границы стандартного отклонения $\pm\sigma$ от среднего значения.

1.3. Химический состав атмосферных осадков

1.3.1. Загрязняющие вещества в атмосферных осадках

Для оценки характеристик загрязнения осадков сезонов, представленных в виде непрерывных периодов, были использованы ряды наблюдений с октября 2017 г. по сентябрь 2018 г.

Тяжелые металлы

Средневзвешенные годовые фоновые концентрации свинца в атмосферных осадках составили: на территории Кавказского БЗ около 1,8 мкг/л, Приокско-Тerrasного БЗ около 5,8 мкг/л, Астраханского БЗ около 3,0 мкг/л, Воронежского БЗ около 2,9 мкг/л, Алтайского БЗ 5,0 мкг/л. Средневзвешенная годовая фоновая концентрация свинца в атмосферных осадках на территории почти всех заповедников в рассматриваемый период была значительно выше, чем в предыдущий период (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 2018 г.

Заповедник	Период наблюдений	Свинец, мкг/л		Кадмий, мкг/л		Ртуть, мкг/л	
		Диапазон	2018 г	Диапазон	2018 г	Диапазон	2018 г
Кавказский БЗ	1982-2018	0,19 - 69,0	1,8	0,020 - 49,0	0,06	0,001 - 22,4	0,43
Приокско-Тerrasный БЗ	1983-2018	0,2 - 696,0	5,8	0,009 - 20,0	0,20	0,01 - 80,0	0,28
Астраханский БЗ	1987-2018	0,05 - 91,0	3,0			0,02 - 376,0	0,97
Воронежский БЗ	1989-2018	0,18 - 44,2	2,9	0,025 - 19,0	0,07	0,001 - 311,0	0,05
Яйлю	1998-2018	0,25 - 48,0	5,0	0,011 - 12,5	0,10	0,001 - 0,97	0,08

Заповедник	Период наблюдений	Бенз(а)пирен, нг/л		сумма-ДДТ, нг/л		γ-ГХГЦ, нг/л	
		Диапазон	2018 г	Диапазон	2018 г	Диапазон	2018 г
Кавказский БЗ	1982-2018	0,05 - 61,0	1,12*	1,01 - 1811	135	0,25 - 240	52,5
Приокско-Тerrasный БЗ	1983-2018	0,05 - 28,0	1,47*	1,5 - 1729	89,9	0,25 - 12960	0,82
Астраханский БЗ	1987-2018	0,05 - 22,72	1,08*	1,5 - 994	56,3	0,3 - 1397	84,5
Воронежский БЗ	1989-2018	0,05 - 10,4	1,28*	1,0 - 71748	1378,1	0,23 - 48,9	14,0
Яйлю	1998-2018	0,1 - 14,0	1,05*	0,4 - 350	158,4	0,1 - 398	29,1

* - данные 2017 г.

Максимальная среднемесячная концентрация свинца в осадках на территории Кавказского БЗ в исследуемый период была отмечена в мае 2018 г. - 6,0 мкг/л, относительно высокое значение наблюдалось в апреле - 4,5 мкг/л. Среднемесячные концентрации свинца на территории Астраханского БЗ сильно разнились в большинстве случаев концентрации были выше 2 мкг/л, кроме октября и ноября 2017 г. и июля 2018 г., когда концентрации свинца были ниже 1 мкг/л. Среднемесячные концентрации свинца в осадках на территории Алтайского БЗ так же сильно отличались в течение года. В летне-осенний период (с июня по октябрь) концентрации были на уровне или ниже 1 мкг/л. В ноябре 2017 г. и апреле 2018 г. содержание свинца было максимальным - 13,6 и 12,1 мкг/л соответственно. В Воронежском БЗ максимальные концентрации свинца были зафиксированы в феврале 2018 г. - 15 мкг/л и в августе - 3,5 мкг/л, а минимальные – менее 4,5 мкг/л в период с апреля по июнь 2018 г. В Приокско-Тerrasном повышенное содержание свинца было зафиксировано в период с июня по август 2018 г. - 10, 15,5 и 23 мкг/л соответственно, а минимальное - менее 1,0 мкг/л в октябре 2017 г.

На территории Приокско-Тerrasного БЗ влажные выпадения свинца в 2017-2018 гг. составили около 3 мг/м², на территории Астраханского БЗ - около 0,3 мг/м², Воронежского БЗ - около 2 мг/м², Кавказского БЗ выпадения кадмия составило менее 3 мг/м².

В 2017-2018 гг. средневзвешенные годовые фоновые концентрации кадмия в атмосферных осадках соответствовали предыдущим значениям и составили: на территории Кавказского БЗ - 0,06 мкг/л, Приокско-Террасного БЗ - около 0,20 мкг/л, Воронежского БЗ - 0,07 мкг/л, Алтайского БЗ - 0,10 мкг/л (табл. 1.3.1.1, рис. 1.3.1.1).

Максимальные концентрации кадмия в атмосферных осадках на территории Приокско-Террасного БЗ были зафиксированы в ноябре 2017 г. и в период июль-август 2018 г. - 0,34, 0,35 и 0,46 мкг/л соответственно, с минимумом в октябре 2017 г. - 0,05 мкг/л. На территории Кавказского БЗ максимальная концентрация кадмия была зафиксирована в сентябре 2018 г. - 0,16 мкг/л, также высоким было содержания кадмия в апреле 2018 г. - 0,12 мкг/л. В остальные месяцы концентрации не превышали 0,1 мкг/л с минимумом в октябре 2017 г.

На территории Воронежского заповедника максимальная концентрация кадмия была зафиксирована в феврале 2018 г. - 0,11 мкг/л. В остальные месяцы концентрация кадмия была ниже 0,1 мкг/л с минимумом в июне - около 0,03 мкг/л. На территории Алтайского заповедника максимальная концентрация была зафиксирована в мае 2018 г. - 0,21 мкг/л, также высокой была концентрация кадмия в апреле - около 0,17 мкг/л. В остальные месяцы концентрации были ниже или близки к 0,1 мкг/л с минимумом в сентябре 2018 г. - ниже предела обнаружения. На территории Приокско-Террасного БЗ влажные выпадения кадмия в 2017-2018 гг. составили около 0,1 мг/м², Воронежского БЗ - около 0,05 мг/м², Кавказского БЗ - менее 0,1 мг/м².

В 2017-2018 гг. средневзвешенные годовые фоновые концентрации ртути в атмосферных осадках составили: на территории Кавказского БЗ - 0,43 мкг/л, Приокско-Террасного БЗ - 0,28 мкг/л, Воронежского БЗ - 0,05 мкг/л, Алтайского БЗ - около 0,08 мкг/л, Астраханского БЗ - 0,97 мкг/л (табл. 1.3.1.1, рис. 1.3.1.1).

Максимальная среднемесячная концентрация ртути в осадках на территории Кавказского БЗ в исследуемый период была отмечена в январе 2018 г. - 1,1 мкг/л. В остальные месяцы концентрации были ниже максимального значения в два и более раз с минимумом в феврале 2018 г. - 0,16 мкг/л.

Максимальная среднемесячная концентрация ртути в осадках на территории Приокско-Террасного БЗ была зафиксирована в январе 2018 г. - около 1,0 мкг/л, также повышенные значения отмечались в феврале и марте 2018 г. - около 0,9 мкг/л и 0,5 мкг/л соответственно. В остальные месяцы концентрации были на уровне 0,2 мкг/л или ниже с минимумом - менее 0,06 мкг/л в декабре 2017 г. и сентябре 2018 г.

Среднемесячные концентрации ртути за рассматриваемый период на территории Астраханского БЗ были значительно выше чем на других территориях наблюдений и варьировались в диапазоне от 0,75 до 1,5 мкг/л. Максимальная концентрация была отмечена в августе 2018 г. - 1,5 мкг/л, а минимальная в декабре - 0,75 мкг/л.

Максимальная среднемесячная концентрация ртути в осадках на территории Алтайского БЗ была зафиксирована июне 2018 г. - 0,2 мкг/л, что примерно в два раза выше чем в другие месяцы. В основном концентрация ртути варьировала в диапазоне от менее чем 0,03 до 0,14 мкг/л с декабря 2017 г. по февраль 2018 г. - менее 0,03 мкг/л.

В Воронежском БЗ содержание ртути в атмосферных осадках, в основном, находилось ниже 0,05 мкг/л, за исключением концентраций, отмеченных в июле 2018 г. - 0,18 мкг/л с минимумом в августе 2018 г. - ниже предела обнаружения.

На территории Приокско-Террасного БЗ влажные выпадения ртути в 2017-2018 гг. составили более 0,15 мг/м², Воронежского БЗ - около 0,037 мг/м², Кавказского БЗ - около

0,9 мг/м², Астраханского БЗ - около 0,11 мг/м².

В 2017-2018 гг. средневзвешенные годовые фоновые концентрации меди в атмосферных осадках составили: на территории Кавказского БЗ - 9,8 мкг/л, Приокско-Террасного БЗ - 6,5 мкг/л, Воронежского БЗ - 10,0 мкг/л, Алтайского БЗ - 5,7 мкг/л, Астраханского БЗ – 33 мкг/л (рис. 1.3.1.1). Значения, отмеченные для Кавказского БЗ, Воронежского БЗ и Астраханского БЗ завышены из-за присутствия в временном ряду единичного максимального значения. Скорректированные (без учета экстремально высокого значения) значения соответствуют: для Кавказского БЗ - 3,5 мкг/л, Воронежского БЗ - 6,5 мкг/л, Астраханского БЗ - 4,8 мкг/л.

Среднемесечные концентрации меди на территории Приокско-Террасного БЗ находились, в основном в диапазоне от значений около 3 мкг/л до 13 мкг/л с минимумом в сентябре 2018 г. Максимальные значения наблюдались в июне-июле 2018 г.

На территории Кавказского БЗ концентрации меди варьировались от значений ниже 1 мкг/л до 79 мкг/л с максимумом в сентябре, что является нехарактерным значением для данной станции, как отмечалось выше и может быть исключено из анализа. Вторая по значению концентрация составила всего около 9,3 мкг/л и была зафиксирована в мае 2018 г.

На территории Воронежского БЗ концентрации меди в атмосферных осадках не опускались ниже значения 1,5 мкг/л с минимумом в августе 2018 г. - 1,6 мкг/л. Максимальное значение было зафиксировано в феврале - около 17 мкг/л. На территории Астраханского БЗ минимальное концентрация меди в атмосферных осадках составила около 2 мкг/л, а максимальная в феврале 2018 г. - около 11 мкг/л.

Максимальные концентрации на территории Алтайского БЗ были зафиксированы в октябре и ноябре 2017 г. - 13,8 и 12,8 мкг/л соответственно. Минимальное значение было зафиксировано в сентябре 2018 г. - ниже 1 мкг/л. На территории Приокско-Террасного БЗ влажные выпадения меди в рассматриваемый период составили менее 3,5 мг/м², на территории Воронежского БЗ - 9 мг/м², Кавказского БЗ - более 20 мг/м², Астраханского БЗ - около 10 мг/м².

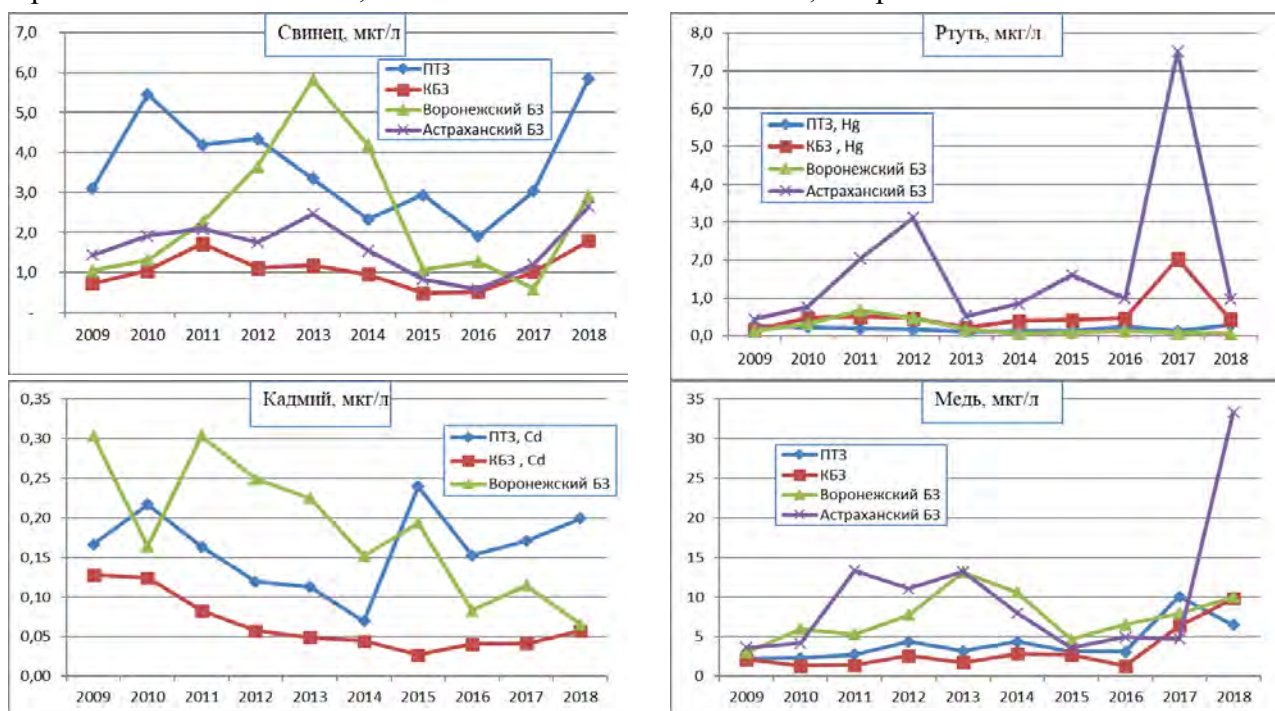


Рис. 1.3.1.1 Изменение среднего содержания тяжелых металлов в атмосферных осадках фоновых районов в 2009-2018 гг.

Хлорорганические пестициды

В 2017-2018 гг. среднемесячная концентрация суммы изомеров ГХЦГ в осадках на территории Кавказского БЗ варьировала в диапазоне от ниже предела обнаружения (май, июль и сентябрь 2018 г для α - изомера, октябрь и декабрь для γ - изомера) до значений в несколько сотен нг/л. Максимальное содержания α - изомера было отмечено в декабре 2017 г. - около 300 нг/л, а γ -изомера - в мае 2018 г. - около 240 нг/л. Зафиксированные концентрации, превышающие предел обнаружения, находились в диапазоне примерно 4-300 нг/л для α -ГХЦГ и примерно 0,7-240 нг/л для γ -ГХЦГ (табл. 1.3.1.1).

На территории Приокско-Террасного БЗ в исследуемый период в осадках не было обнаружено альфа-ГХЦГ, все значения были ниже предела обнаружения. γ -ГХЦГ было обнаружено в ноябре и декабре 2017 г. и в феврале и марте 2018 г. с концентрациями от 1,2 нг/л (февраль 2018 г.) до 5,3 нг/л (март 2018 г.).

Среднемесячная концентрация суммы изомеров ГХЦГ в осадках на территории Астраханского БЗ в исследуемый период колебалась в диапазоне от концентраций ниже предела обнаружения (для α - изомера –октябрь и декабрь 2017 г. и февраль 2018 г.; для γ - изомера – февраль и август 2018 г.). Максимальное содержание α -изомера было зафиксировано в сентябре 2018 г. и превысило концентрацию 350 нг/л. Максимальное содержание γ -изомера было зафиксировано в марте 2018 г. и превысило концентрацию 400 нг/л.

Зафиксированные концентрации, превышающие предел обнаружения, находились в диапазоне примерно 0,1-350 нг/л для α -ГХЦГ и примерно 0,2-400 нг/л для γ -ГХЦГ.

Среднемесячная концентрация α - ГХЦГ в осадках на территории Воронежского БЗ в исследуемый период в основном были ниже предела обнаружения. Зафиксированные концентрации, превышающие предел обнаружения, находились в диапазоне примерно 1-800 нг/л (декабрь 2017 г., январь, июнь, июль 2018 г.). Среднемесячные концентрации γ - ГХЦГ, превышающие предел обнаружения, находились в диапазоне примерно 2,3-60 нг/л. Концентрация γ - ГХЦГ в марте, апреле и июне была ниже предела обнаружения.

Среднемесячная концентрация α - ГХЦГ в осадках на территории Алтайского БЗ в исследуемый период в основном была ниже предела обнаружения. Только в декабре 2017 г. и сентябре 2018 г., содержание составило 0,13 и 0,55 нг/л соответственно. Содержание γ - ГХЦГ колебалось от значений 0,25 нг/л (сентябрь 2018 г.) до 56 нг/л (июль 2018 г.).

Среднемесячная концентрация ДДТ и его метаболитов в осадках на территории Кавказского БЗ в исследуемый период варьировалась в широком диапазоне. Причем преобладал метаболит ДДД.

Среднемесячная концентрация ДДТ и его метаболитов в осадках на территории Приокско-Террасного БЗ в исследуемый период варьировалась от значений ниже предела обнаружения до значений выше предела обнаружения. Во всех случаях фиксировался ДДД, во многих образцах был обнаружен ДДТ, метаболит ДДЕ в концентрациях, выше предела обнаружения фиксировался трижды.

В осадках на территории Астраханского БЗ в исследуемый период содержание ДДТ и его метаболитов выше предела обнаружения фиксировалось несколько раз: ДДЕ в одном случае, ДДД - в четырех, а ДДТ - в шести случаях. В остальных образцах среднемесячные концентрации исследуемых поллютантов были ниже предела обнаружения.

В осадках на территории Воронежского БЗ в исследуемый период среднемесячная

концентрация ДДТ и его метаболитов в большинстве образцов была ниже предела обнаружения. Метаболит ДДЕ был обнаружен в трех случаях, в то время как метаболит был обнаружен в семи случаях.

В осадках на территории Алтайского БЗ в исследуемый период содержание метаболитов ДДТ в большинстве проб было выше предела обнаружения. Данные метаболиты были обнаружены более чем в половине случаев.

1.3.2. Фоновый уровень ионного состава атмосферных осадков

В систему Глобальной службы атмосферы (ГСА) ВМО входит 11 станций, распределенных на: равнинные станции, расположенные на Европейской территории России (ЕТР) - Усть-Вымь, Воронежский и Приокско-Террасный биосферные заповедники (БЗ); равнинные станции Азиатской территории России (АТР) – Туруханск, Хужир, Памятная; горные станции – Кавказский БЗ, Шаджатмаз и прибрежные — Тикси, Терней (Сихотэ-Алинский БЗ) и Приморская. В соответствии с рекомендациями ВМО на большинстве станций отбирались недельные пробы осадков, на станции Приморская отбор проб производился ежедневно.

Основные характеристики химического состава осадков (ХСО) фоновых станций представлены в табл. 1.3.2.1 и 1.3.2.2.

Таблица 1.3.2.1. Средневзвешенные концентрации ионов и величины рН и удельной электропроводности (к) в осадках на станциях фонового мониторинга, 2018 г.

Станция	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	М	рН _{ср.}	к, мкСм/см
	мг / л											
Усть-Вымь	1,13	0,47	0,82	1,75	0,52	0,36	0,24	0,46	0,05	5,82	5,9	12,1
Приокско-Террасный БЗ	1,09	0,46	1,17	0,18	0,26	0,16	0,16	0,38	0,05	3,94	5,3	12,4
Воронежский БЗ	1,96	0,68	1,73	0,91	0,44	0,44	0,43	0,52	0,07	7,22	5,4	17,9
Кавказский БЗ	1,31	0,37	0,76	2,01	0,17	0,16	0,11	1,01	0,06	5,99	5,7	18,1
Шаджатмаз	1,64	0,49	1,41	4,72	0,52	0,26	0,23	1,77	0,16	11,22	6,2	20,6
Памятная	1,87	1,57	0,94	1,39	0,31	0,97	0,44	0,59	0,20	8,32	5,8	23,1
Туруханск	1,80	0,65	0,70	2,84	0,20	0,43	0,30	0,82	0,40	8,14	6,2	17,3
Хужир	0,95	0,33	0,45	1,99	0,17	0,21	0,23	0,41	0,27	5,00	6,3	16,8
Приморская	3,88	0,92	1,77	1,49	0,98	0,70	0,50	0,83	0,29	11,38	6,2	27,9
Терней	2,05	1,15	1,39	0,33	0,23	0,86	0,18	0,56	0,23	7,01	5,7	16,1
Тикси	1,14	1,19	0,15	1,01	0,17	0,63	0,17	0,43	0,11	5,27	5,8	11,7

Максимальные значения минерализации (М) наблюдались в осадках станций Шаджатмаз и Приморская и составили соответственно 11,2 и 11,4 мг/л, что примерно на 25% ниже принятого верхнего уровня регионального фона (15 мг/л). В среднем минерализация, удельная электропроводность и содержание основных ионов выше в осадках АТР, чем на ЕТР. Диапазон изменения средневзвешенной суммы ионов составил 3,9-7,2 мг/л в осадках равнинных станций ЕТР, 6,0-11,2 мг/л - в осадках горных станций ЕТР, 5,0-11,4 мг/л - в осадках равнинных станций АТР и 5,3-7,0 мг/л - в осадках прибрежных станций АТР.

Осадки большинства станций характеризуются практически неизменной величиной минерализации в пределах 10-15% от среднего значения за 2014-2018 гг. (рис. 1.3.2.1.а).

Средневзвешенная за 2018 г. величина суммы ионов в сравнении с периодом 2014-2018 гг. существенно увеличилась в осадках ст. Туруханск и снизилась на ст. Тикси (рис. 1.3.2.1. б).

Таблица 1.3.2.2. Средневзвешенные концентрации ионов и величины pH и удельной электропроводности (k) осадков станций фонового мониторинга, 2014-2018 гг.

Станция	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	М	pH _{ср.}	k, мкСм/см
	мг / л											
Усть-Вымь	1,2	0,5	0,9	3,1	0,6	0,4	0,2	0,8	0,1	7,8	6,1	15,9
Приокско-Тerrasный БЗ	1,0	0,5	1,1	0,9	0,3	0,2	0,1	0,5	0,1	4,8	5,6	12,4
Воронежский БЗ	1,8	0,7	1,6	1,2	0,3	0,4	0,3	0,7	0,2	7,1	5,6	18,1
Кавказский БЗ	1,2	0,5	0,7	2,4	0,3	0,2	0,1	1,0	0,2	6,6	6,0	16,2
Шаджатмаз	1,6	0,6	1,9	5,5	0,7	0,4	0,3	1,6	0,3	12,8	6,3	21,9
Памятная	2,2	1,2	1,2	2,0	0,4	0,7	0,4	0,8	0,3	9,3	5,9	22,2
Туруханск	1,6	0,7	0,5	1,7	0,2	0,5	0,3	0,5	0,3	6,2	5,9	15,3
Хужир	1,1	0,4	0,5	2,0	0,3	0,3	0,3	0,5	0,2	5,6	6,1	14,6
Приморская	3,4	1,2	1,6	1,2	0,8	0,7	0,5	0,9	0,2	10,8	5,9	30,2
Терней	2,1	1,4	1,2	0,3	0,4	0,9	0,2	0,6	0,2	7,2	5,4	16,6
Тикси*	4,9	3,0	0,5	3,5	0,3	1,4	0,6	0,7	0,3	16,4	6,0	24,6

*Примечание: данные по Тикси указаны за период 2016-2018 гг.

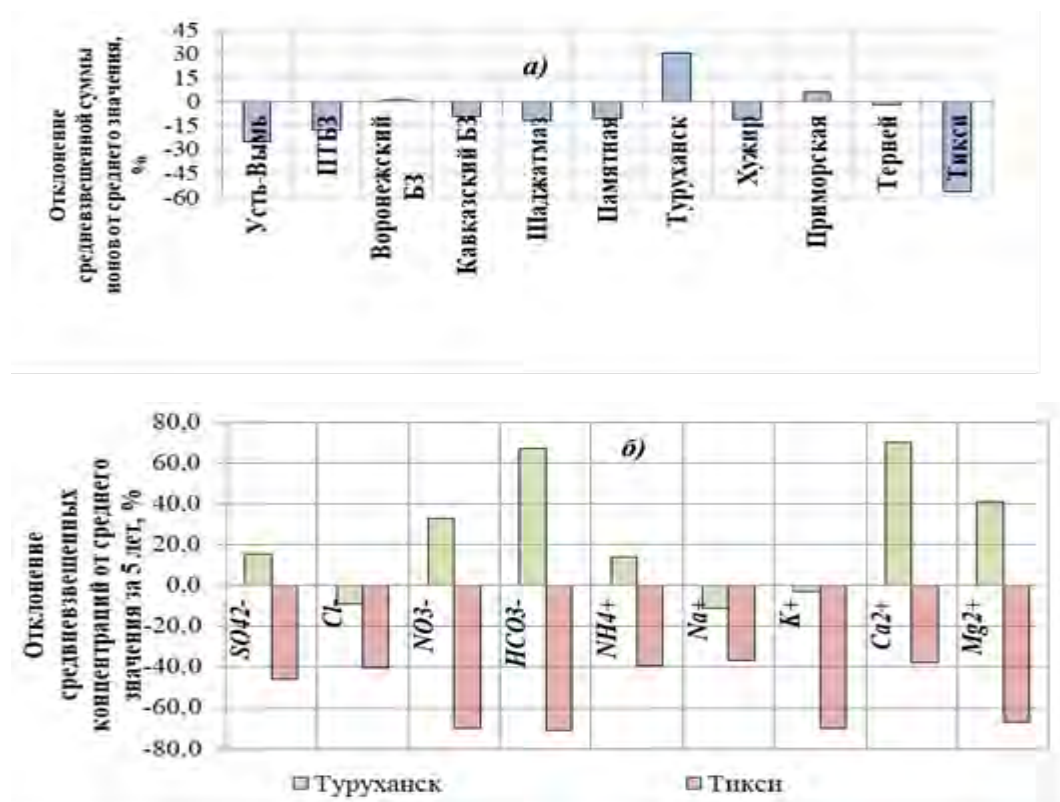


Рис. 1.3.2.1. Отклонение (%): (а) - величины минерализации; (б) – концентраций основных ионов в атмосферных осадках станций ГСА ВМО в 2018 г. от среднего значения за 2014-2018 гг.

Для осадков большинства станций преобладающими примесями являлись: из анионов - сульфат- или гидрокарбонат-ион, из катионов - кальций или натрий. Диапазон изменения среднемесячных концентраций сульфат-ионов в осадках составил 0,3-12,2 мг/л.

Максимальные концентрации гидрокарбонатов были характерны для осадков горных станций, которые в недельных пробах достигали порядка 40,0 мг/л и связаны, скорее всего, с переносом пыли со стороны Северной Африки, где периодически происходят песчаные бури.

В морских условиях в ионном балансе осадков преобладают хлориды и сульфаты. Более высокое содержание хлоридов наблюдается в химическом составе осадков равнинных и прибрежных станций АТР с диапазоном среднемесячных концентраций 0,2-6,6 мг/л. Для осадков равнинных и горных станций ЕТР характерно повышенное содержание азотосодержащих соединений ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$). Для осадков равнинных станций и прибрежных станций АТР характерно повышенное содержание магния. Содержание калия в осадках всех станций не превышало 5%.

Во внутригодовом ходе наиболее низкие значения концентраций ионов (SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+) в осадках равнинных станций ЕТР и АТР, а также в осадках прибрежных станций приходится на теплый период, что согласуется с максимальным количеством выпадающих осадков и минимальной минерализацией в этот период.

На территории Кавказского БЗ усиление циклонической деятельности в холодное время года обуславливает зимний максимум осадков и минимальные концентрации ионов.

Диапазон изменения кислотности (рН) осадков фоновых станций в 2018 г. составил: 4,5-6,6 (ЕТР), 5,0-7,0 (АТР), 4,8-6,4 (прибрежные станции), 4,7-7,0 ед.рН (горные станции). Повторяемость выпадения осадков с $\text{pH} < 5,0$ была наибольшая на ЕТР и составила около 30% (рис. 1.3.2.2).

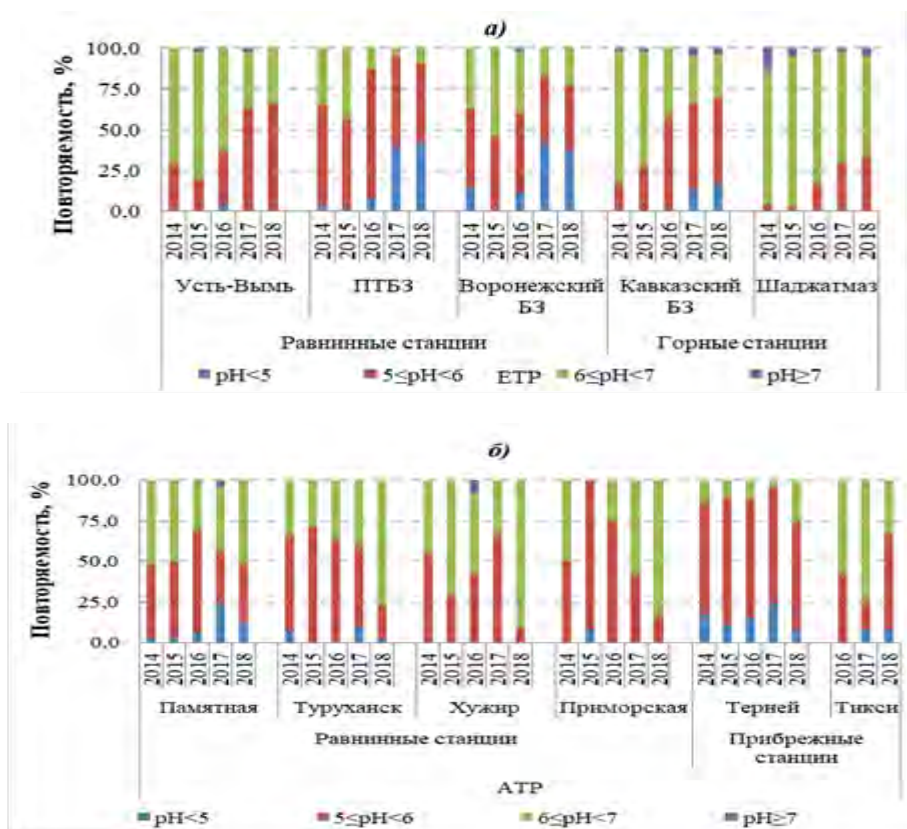


Рис. 1.3.2.2. Временной ход распределения повторяемости величины рН атмосферных осадков по ЕТР (а) и АТР (б), 2014-2018 гг.

Выпадение веществ с осадками. Значения выпадений основных кислотообразующих соединений (серы и азота) и суммарные влажные выпадения (Р) за 2018 г., а также средние за период 2014-2018 гг. значения выпадений этих веществ с атмосферными осадками представлены в таблицах 1.3.2.3 и 1.3.2.4.

Величина суммарных влажных выпадений загрязняющих компонентов на большинстве станций в значительной степени определялась суммой осадков. В Кавказском БЗ при средневзвешенной минерализации 7,2 мг/л суммарные выпадения в 2018 г. составили 11,8 т/км²/год, при годовой сумме осадков 1978,2 мм; на ст. Приморская - 11,6 т/км²/год, при годовой сумме осадков - 1023,2 мм.

Таблица 1.3.2.3. Выпадение серы, азота и суммы ионов с осадками, 2018 г.

Станция	q, мм	S(SO ₄)	N(NO ₃)	N(NH ₄)	ΣN	P	N(H)/N(O)	S / Σ N
		т/км ² /год						
Усть-Вымь	598,9	0,22	0,11	0,24	0,35	3,47	2,19	0,63
Приокско-Террасный БЗ	506,2	0,18	0,13	0,10	0,23	1,97	0,75	0,79
Воронежский БЗ	536,0	0,35	0,21	0,18	0,39	3,82	0,87	0,89
Кавказский БЗ	1978,2	0,86	0,34	0,27	0,61	11,8	0,79	1,43
Шаджатмаз	601,9	0,33	0,19	0,24	0,43	6,38	1,27	0,76
Памятная	430,8	0,27	0,09	0,10	0,19	3,57	1,13	1,37
Туруханск	623,9	0,37	0,10	0,10	0,20	5,08	1,00	1,89
Хужир	205,9	0,07	0,02	0,03	0,05	1,03	1,29	1,36
Приморская	1023,2	1,32	0,41	0,78	1,19	11,6	1,91	1,11
Терней	783,0	0,53	0,25	0,14	0,39	5,47	0,57	1,38
Тикси	198,4	0,08	0,01	0,03	0,04	0,96	3,74	2,31

Таблица 1.3.2.4. Среднее выпадение за период серы, азота и суммы ионов с осадками, 2014-2018 гг.

Станция	q, мм	S(SO ₄)	N(NO ₃)	N(NH ₄)	ΣN	P	N(H)/N(O)	S / Σ N
		т/км ² /год						
Усть-Вымь	596,0	0,24	0,12	0,26	0,38	4,59	2,14	0,63
Приокско-Террасный БЗ	557,8	0,18	0,14	0,14	0,28	2,52	1,02	0,69
Воронежский БЗ	573,3	0,34	0,20	0,15	0,35	4,00	0,75	0,97
Кавказский БЗ	1979,1	0,75	0,32	0,41	0,73	11,8	1,35	1,08
Шаджатмаз	649,3	0,33	0,23	0,30	0,53	7,64	1,37	0,64
Памятная	428,0	0,30	0,12	0,13	0,25	3,76	1,14	1,24
Туруханск	650,8	0,33	0,08	0,09	0,17	3,94	1,19	2,03
Хужир	163,5	0,09	0,02	0,04	0,06	0,98	1,83	1,85
Приморская	876,3	0,98	0,33	0,55	0,88	9,25	2,16	1,17
Терней	832,9	0,58	0,20	0,23	0,43	5,77	1,38	1,51
Тикси*	232,6	0,17	0,02	0,05	0,07	2,86	3,55	2,39

Основной вклад в массу влажных выпадений вносили гидрокарбонаты и сульфаты, на долю которых в среднем приходится от 35% (прибрежные станции АТР) до 65% (равнинные станции АТР). Вклад азотосодержащих соединений в общую массу выпадений был максимальным в осадках ЕТР и составил в среднем около 30%.

Для большинства станций отмечено снижение величины суммарных влажных выпадений в 2018 г. по сравнению с периодом 2014-2018 гг., что связано с уменьшением содержания ионов в осадках (рис. 1.3.2.3).

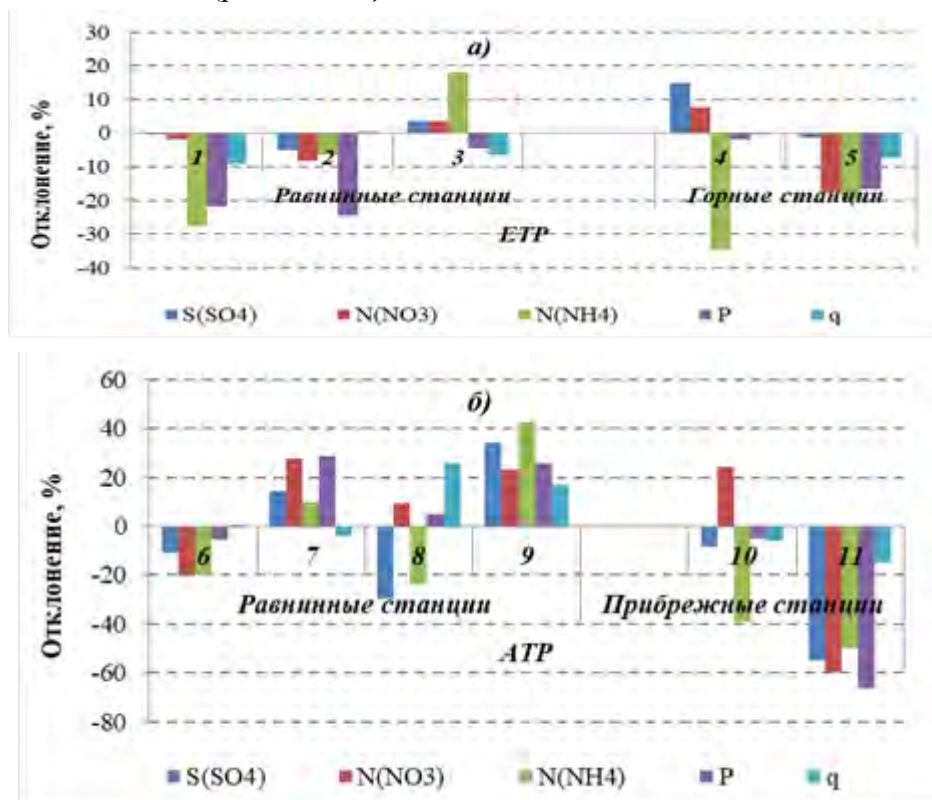


Рис. 1.3.2.3. Отклонение величины выпадения серы ($S(SO_4)$), азота нитратного ($N(NO_3)$), азота аммонийного ($N(NH_4)$), суммы ионов P и суммы осадков q от их среднего значения за 2014-2018 гг.: а) ЕТР, б) АТР

Станции: 1 Приокско-Тerrasный БЗ; 2 Усть-Вымь; 3 Воронежский БЗ
4 Кавказский БЗ; 5 Шаджатмаз; 6 Памятная; 7 Туруханск; 8 Хужир;
9 Приморская; 10 Сихотэ-Алинский БЗ (Терней); 11 Тикси

Отношение азота аммиачного к нитратному снизилось в 2-2,5 раза в Кавказском и Сихотэ-Алинском БЗ.

По данным 2014-2018 гг. выпадение серы и суммарного азота с осадками на фоновых станциях находится в пределах $0,2 - 1,3 \text{ т/км}^2/\text{год}$ и $0,2 - 1,0 \text{ т/км}^2/\text{год}$ соответственно.

В целом за последние 5 лет (2014-2018 гг.) на ЕТР (за исключением Кавказского БЗ) потоки суммарного азота были выше выпадения серы. На АТР осадки характеризовались преобладанием выпадения серы над суммарным азотом.

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

На территории России с 2000 г. постоянно работают 4 станции международной Сети мониторинга выпадения кислотных осадков в Восточной Азии (ЕАНЕТ): три в регионе оз. Байкал - Иркутск (городская), Листвянка (региональная) и Монды (фоновая); одна в Приморском крае – Приморская (региональная). В настоящее время только станции ЕАНЕТ предоставляют результаты регулярного мониторинга содержания загрязняющих веществ в атмосфере вне городов на азиатской территории России.

По данным измерений в 2018 г. уменьшилось среднегодовое содержание газовых примесей в воздухе на всех фоновых и региональных станциях. Исключение составляет содержание аммиака на станции Приморская, где его среднегодовая концентрация оказалась выше по сравнению с предыдущим годом, однако его содержание не превысило уровень среднего многолетнего за последние 10 лет. Содержание SO_2 на станции Листвянка в несколько раз превышает уровни, отмеченные на других станциях ЕАНЕТ.

В 2018 г. продолжало наблюдаться снижение содержания азот- и серосодержащих аэрозолей в целом на всех станциях, однако на станции Монды концентрации продолжают оставаться выше среднего многолетнего, а на станции Листвянка содержание сульфатов и нитратов в воздухе даже несколько повысилось. В общем составе взвешенных частиц наибольшие концентрации за весь период наблюдения на всех станциях ЕАНЕТ характерны для сульфатов – от 40 до 60% состава атмосферных аэрозолей по массе. При этом наиболее высокие значения практически всех ионов характерны для аэрозолей в Приморском крае (рис. 1.4.1). В Байкальском регионе за девятнадцать лет наблюдений содержание практически всех основных ионов в аэрозолях воздуха уменьшилось вдвое.

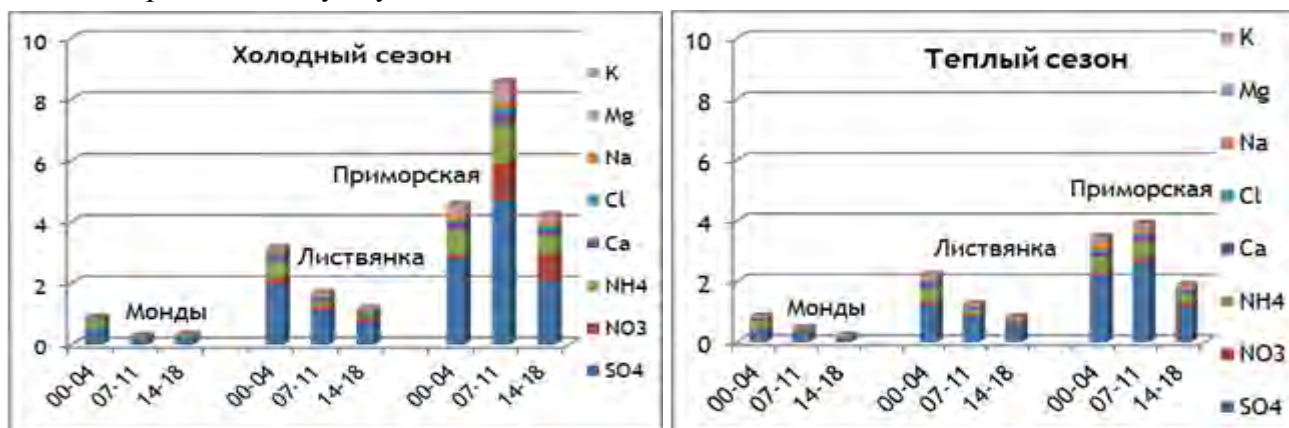


Рис. 1.4.1 Изменение среднего химического состава аэрозолей ($\text{мкг}/\text{м}^3$) на станциях ЕАНЕТ в холодный (слева) и теплый (справа) периоды по наблюдениям в 2000-2018 г.

В годовом ходе аэрозолей сульфатов и нитратов на региональных станциях хорошо прослеживается максимум в зимний период. Для Листвянки и Приморской среднесезонные концентрации продолжают снижаться по сравнению с периодом 2007-2011 годов, и в целом уровень концентраций стал ниже значений в начале периода многолетних измерений.

В многолетнем ходе средних концентраций серо- и азотсодержащих веществ в воздухе отмечаются более низкие среднегодовые значения на станциях в регионе оз. Байкал по сравнению с 2010-2012 гг. (рис. 1.4.2). В Приморском крае в 2018 г. содержание в атмосфере аэрозолей серо- и азотсодержащих веществ значительно понизилось в сравнении с 2013 г.

В целом, по данным наблюдений за загрязнением осадков на региональном уровне для Дальнего Востока характерно более высокое содержание сульфатов в осадках в течение всего года, однако в теплые месяцы 2018 г. концентрации нитратов имели сравнимые значения. Сезонные изменения выпадений веществ определяются, в основном, годовым ходом осадков, поэтому максимальные потоки этих двух ионов в 2018 г. были отмечены в Приморье в теплый сезон (NO_3^- около $0,43 \text{ г/м}^2$ в августе, и SO_4^{2-} $0,37\text{-}0,42 \text{ г/м}^2$ в мае-августе), а за все месяцы холодного периода их влажные выпадения в целом не превысили $0,18 \text{ г/м}^2$ для NO_3^- и $0,36 \text{ г/м}^2$ для SO_4^{2-} , несмотря на то, что среднемесячные концентрации их в осадках выше или близки к среднегодовым (рис. 1.4.3).

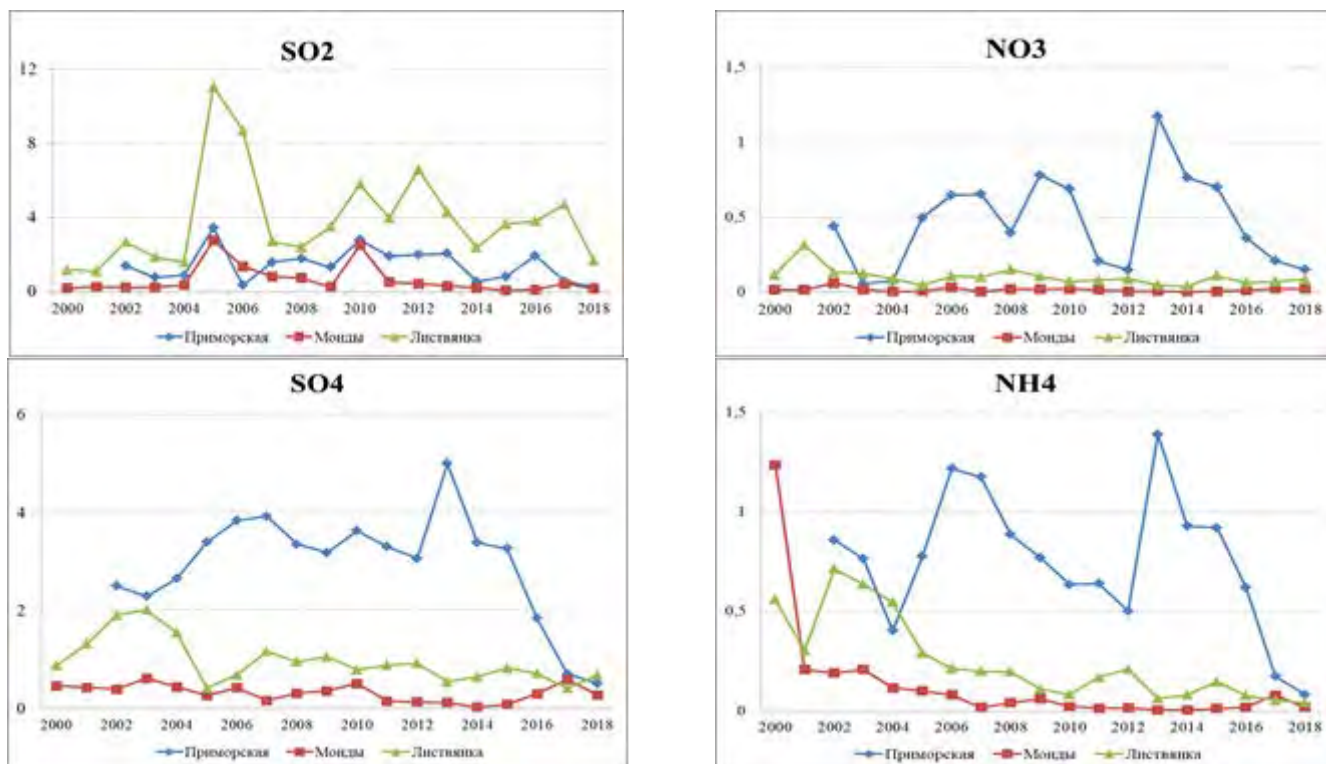


Рис. 1.4.2 Изменения средних годовых концентрации соединений серы (слева) и азота (справа) в воздухе на станциях ЕАНЕТ (мкг/м^3)

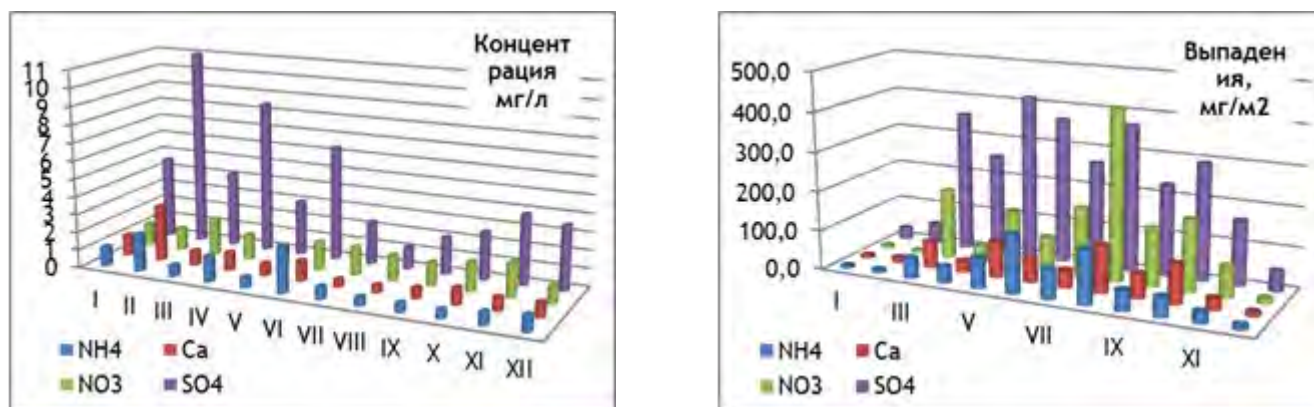


Рис. 1.4.3 Годовой ход концентраций (слева) и выпадений (справа) основных кислотообразующих ионов с осадками на Дальнем Востоке (ст. Приморская) в 2018 году

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

Главную роль в формировании трансграничного загрязнения воздуха и осадков играет перенос выбросов 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 (трансграничное загрязнение). В рамках выполнения международной «Совместной программы наблюдения и оценки распространения загрязнителей воздуха на большие расстояния в Европе» (ЕМЕП – Cooperative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe) в 2018 г. проводились наблюдения на четырех станциях ЕМЕП, расположенных в северо-западном регионе России (Янискоски, Пинега) и в центральной части Европейской России: на станциях Данки (юг Московской области), Лесной заповедник (Тверская область). Основные измерения по программе наблюдений ЕМЕП представляют собой регулярный анализ содержания в воздухе и атмосферных осадках основных химических соединений, определяющих кислотно-щелочной баланс. По результатам обработки годовых массивов, полученных данных в районах размещения станций оценены реальные величины атмосферных выпадений на земную поверхность (нагрузок) серы и азота, образующих 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. Для различных районов земного шара и в разные сезоны pH атмосферных осадков варьирует в весьма широких пределах, внутри которых осадки условно можно подразделить на: кислые (при $\text{pH} < 4$), слабокислые ($4 < \text{pH} < 5$), природно-нейтральные ($5 < \text{pH} < 7$) и слабощелочные ($\text{pH} > 7$). Распределение повторяемости наблюдавшихся значений pH суточных осадков в различных диапазонах характера кислотности представлено в табл. 1.5.1, из которой видно, что в 2018 г. кислые осадки ($\text{pH} < 4$) не наблюдались. В северо-западной части ЕТР атмосферные выпадения в целом нейтральные, с наибольшей вероятностью значений pH от 6 до 7, в то время как в Центральной части ЕТР около 70% осадков имеет значения pH от 5 до 6.

Таблица 1.5.1. Распределение измеренных значений показателя кислотности (ед. pH) по диапазонам характера закисления атмосферных осадков в районах российских станций ЕМЕП в 2018 г.

Станция (широта, гр. с.ш.)	pH, среднее	Доля проб в диапазоне pH, %				
		< 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	> 7
Янискоски, 69	5,41	0	6	36	56	2
Пинега, 65	5,67	0	0	47	53	1
Лесной, 56	5,24	0	15	73	12	0
Данки, 55	5,37	0	7	66	26	0

Величина выпадений соединений серы и азота на подстилающую поверхность дает возможность оценить степень опасности воздействия загрязнения атмосферы на состояние окружающей среды, в частности, в долгосрочной перспективе избыточное поступление этих веществ может привести к закислению почвенных растворов и ухудшению свойств почвы. Поток загрязняющих веществ из атмосферы осуществляется с атмосферными осадками

(влажные выпадения) и при осаждении (поглощении) веществ в виде газов и аэрозольных частиц на подстилающей поверхности (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.

Среди составляющих ионного баланса атмосферных осадков для всех станций ЕМЕП доминирующим кислотным анионом является сульфат-ион, 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 2018 г. составляла 0,44 мг S /л на станции Янискоски, 0,68 мг S/л - на станции Пинега, 0,73 мг S/л - на станции Лесной заповедник, 0,85 мг S/л - на станции Данки (в районе Приокско-Террасного биосферного заповедника). Характер пространственного распределения содержания нитратов в осадках практически совпадал с наблюдающимся в 2018 г. для сульфатов: наименьшее значение среднегодовой концентрации составило 0,09 мг N/л на станции Янискоски (Мурманская обл.), на территориях более низких широт вдали от промышленных районов и крупных городов (станции Пинега и Лесной заповедник)- 0,13 - 0,26 мг N/л, на станции Данки - 0,29 мг N/л. Диапазон варьирования концентраций ионов аммония в осадках составлял 0,29 - 0,39 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 наблюдается в холодный период года, отражая важную роль переноса выбросов антропогенных источников при формировании уровней содержания азотсодержащих соединений в осадках.

Рассчитанные по средневзвешенным концентрациям и месячным суммам выпавших осадков величины влажных выпадений для районов станций составляли в 2018 г.: серы 0,35 - 0,55 г/м² в год и азота 0,16 - 0,48 г/м² в год. Для всех станций ЕМЕП потоки влажных выпадений серы и азота в зимний период 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 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, 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 практически отсутствие выраженного уменьшения сумм влажных выпадений за период действия Гетеборгского протокола (подписан в 1999 г.) с незначимыми характеристиками линейного тренда. По результатам расчета многолетних выпадений суммы нитратных и аммонийных соединений с осадками, представленным на рис. 1.5.2, отмечается в целом рост выпадений азота на некоторых российских станциях ЕМЕП. Темпы этого роста различны от станции к станции, что может быть связано с высокой межгодовой вариабельностью значений.

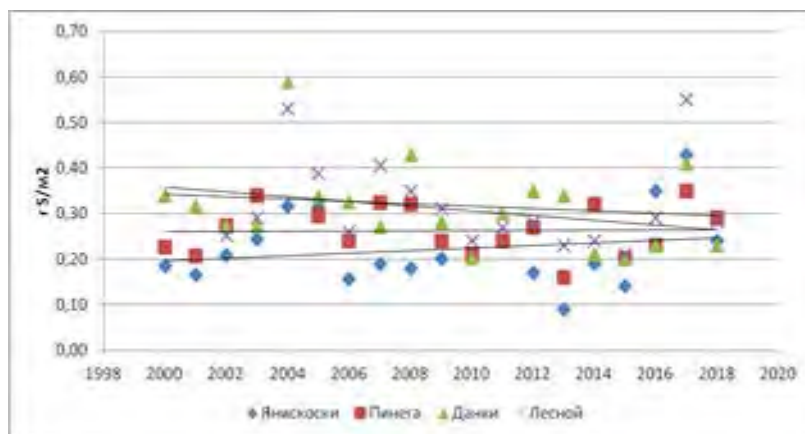


Рис. 1.5.1 Многолетние выпадения сульфатной серы из атмосферы с осадками на станциях ЕМЕП ($\text{gS/m}^2/\text{год}$)

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 в части изменения их свойств в долгосрочной перспективе при условии, что экосистемы могут выдерживать воздействие количества подкисляющих выпадений без 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 согласно ранее выполненным оценкам для российских станций ЕМЕП вклад сухих выпадений составляет около 40% от суммарных для серы и около 10% для азота. Последнее можно считать несколько заниженной оценкой, поскольку программа наблюдений на российских станциях ЕМЕП не включает измерения газообразной азотной кислоты, аммиака и оксидов азота.

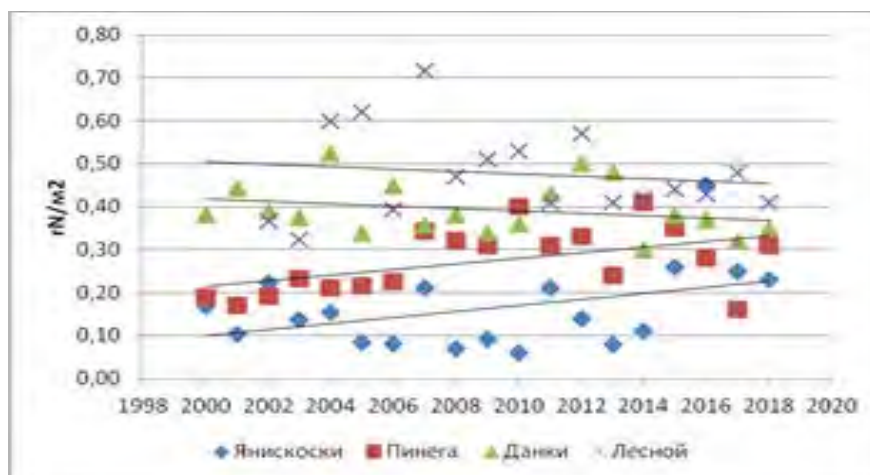


Рис. 1.5.2 Многолетние выпадения суммарного азота (нитратного и аммонийного) из атмосферы с осадками на станциях ЕМЕП ($\text{г N/m}^2/\text{год}$)

Сравнение годовых влажных выпадений серы и суммарного азота с осадками в 2018 г. и значений критических нагрузок по этим элементам для районов расположения станций, представленных в табл. 1.5.2, позволяет сделать вывод, что выпадения серы существенно ниже

уровня критических нагрузок. Для азота суммарные выпадения близки к критическим значениям, что является тревожным сигналом с учетом существующих тенденций изменения выпадений азота с осадками к росту год от года на северных станциях ЕМЕП.

Таблица 1.5.2. Сравнение суммарных влажных выпадений в 2018 г. и критических нагрузок серы и азота в районах расположения российских станций ЕМЕП

Станция	Суммарные выпадения и критические нагрузки для серы, гS/м ² /год		Суммарные выпадения и критические нагрузки для азота, гN/м ² /год	
	Выпадения	Нагрузки	Выпадения	Нагрузки
Янискоски	0,24	0,32-0,64	0,23	<0,28
Пинега	0,29	0,32-0,64	0,31	<0,28
Лесной	0,28	1,6-2,4	0,41	0,56-0,98
Данки	0,23	1,6-2,4	0,35	0,56-0,98

2. ПОЧВА И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

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

Станции комплексного фонового мониторинга (СКФМ) организованы в пределах особо охраняемых природных территорий федерального значения - в биосферных заповедниках и национальных парках, которые приурочены к основным биоклиматическим зонам европейской и азиатской части России, а также к областям высотной поясности (рис. 2.1.1). Все эти территории, за исключением Алтайского БЗ (Яйлю), включены во Всемирную сеть биосферных резерватов ЮНЕСКО. Удаленность от источников загрязнения, ограничение антропогенной нагрузки, максимальная сохраняемость наземных и водных экосистем в их естественном состоянии позволяют считать поступление загрязняющих веществ на подобных территориях фоновым и оценивать на этой основе параметры глобального рассеивания поллютантов в биосфере.

На протяжении более 25 лет на постоянных пробных площадках СКФМ, выбранных в наиболее представительных биогеоценозах, с периодичностью 1 раз в 3-5 лет проводятся регулярные наблюдения за содержанием загрязняющих веществ в почвах и растительности.

Отбор проб компонентов системы «почва-растение» на СКФМ осуществляется по унифицированной схеме. Смешанные образцы почв отбираются методом конверта: в травянистых экосистемах с площади 100 м² из верхнего минерального слоя профиля на глубину 10 см, а в лесных экосистемах - с площади 2500 м² из горизонта лесной подстилки и из нижележащих минеральных горизонтов на глубину 10 см. Средние пробы растительности отбираются из их фотосинтезирующих частей по фракциям: листва и хвоя древостоев, надземная часть разнотравья, гаметофиты мохового яруса.



Рис. 2.1.1. Местоположение опорных площадок пробоотбора почв и растительности на СКФМ: 1 – НП Смоленское Поозерье, 2 – Приокско-Тerrasный БЗ, 3 – Воронежский БЗ, 4 – Кавказский БЗ, 5 – Астраханский БЗ, 6 – Волжско-Камский БЗ, 7 – Алтайский БЗ (Яйлю), 8 – Баргузинский БЗ, 9 – Командорский БР

Фоновое содержание загрязняющих веществ в почвах

За период 2014-2018 гг. средние величины содержания в почвах СКФМ валовых форм соединений свинца, кадмия и меди хорошо согласуются со значениями их мировых кларков и не превышает величин, установленных А.П.Виноградовым и Д.П.Малюгой во второй половине XX века (табл. 2.1.1). Исключение составляет характеристики содержания соединений свинца в горных бурых лесных почвах Кавказского БЗ. Так как почвы гранито-гнейсовых материнских пород Альпийско-Гималайского складчатого пояса отличаются повышенным содержанием свинца, то фиксируемые уровни содержания его соединений в почвах соответствуют литогенному региональному кларку. Диапазон варьирования содержания тяжелых металлов в почвах СКФМ за период 2008-2018 гг. не изменился по сравнению с предыдущими сроками наблюдений и, по-видимому, определяется, прежде всего, пространственными изменениями свойств почв на площадках пробоотбора без четкого временного тренда увеличения или снижения контролируемых показателей.

Таблица 2.1.1. Средние величины содержания тяжелых металлов в почвах СКФМ за период 2014-2018 гг. и диапазоны значений показателей за период 2008-2018 гг.

СКФМ	Опробованные почвы	Свинец, мг/кг		Кадмий, мг/кг		Медь, мг/кг	
		Диапазон за декаду	2014 г./ 2018 г.	Диапазон за декаду	2014 г./ 2018 г.	Диапазон за декаду	2014 г./ 2018 г.
Центральный федеральный округ							
НП Смоленское Поозерье	Дерново-подзолистые супесчаные	3,7-10,0	8,8	0,12-0,35	0,35	2,2-16,0	11,9
Приокско-Террасный БЗ	Дерново-подзолистые суглинистые	1,4-19,0	4,6	0,02-0,66	0,64	0,53-58,0	2,6
Воронежский БЗ	Дерново-подзолистые песчаные	1,30-31,0	2,8	0,03-0,50	0,09	2,9-7,5	4,8
Южный федеральный округ							
Кавказский БЗ	Горные бурые лесные суглинистые	6,3-25,0	19,3	0,05-0,32	0,18	7,8-27,6	18,0
Астраханский БЗ	Аллювиальные луговые и лугово-болотные суглинистые	1,5-6,6	2,1	0,07-0,30	0,14	9,7-14,0	9,4
Приволжский федеральный округ							
Волжско-Камский БЗ	Дерново-подзолистые суглинистые	2,9-12,0	8,5	0,05-0,56	0,16	7,6-20,4	18,0
Сибирский федеральный округ							
Алтайский БЗ (Яйлю)	Горно-луговые суглинистые	3,7-12,5	10,8	0,05-0,80	0,22	6,10-57,0	8,5
Баргузинский БЗ	Горные мерзлотно-таежные суглинистые	2,4-8,2	4,9	0,04-2,80	0,23	3,1-12,0	6,1
Дальневосточный федеральный округ							
Командорский БР	Подзолы песчаные	5,2	5,2	0,17	0,17	10,4	10,4
ОДК _{вал}		32 / 65 / 130		0,5 / 1 / 2		33 / 66 / 132	
Кларк почв		10		0,5		20	

* ОДК_{вал} по ГН 2.1.7.2042-06 «Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве» для песчаных и супесчаных почв / кислых почв суглинистого и глинистого состава с pH_{ксл} < 5,5 / близких к нейтральным и нейтральным почвам суглинистого и глинистого состава с pH_{ксл} > 5,5 соответственно

** Кларки почв по А.П.Виноградову (1962) и Д.П.Малюга (1963)

В целом, максимальные уровни содержания в почвах СКФМ соединений свинца, кадмия и меди находятся в пределах допустимых величин естественного варьирования содержания тяжелых металлов в почвах и не превышают ориентировочно-допустимых концентраций (ОДК) тяжелых металлов, установленных санитарно-гигиеническими требованиями. Вместе с тем, концентрации загрязнителей, численно превышающее величину 0,5 ОДК, единично регистрируются в последнее десятилетие в дерново-подзолистых почвах Приокско-Террасного БЗ (валовые формы соединений свинца, кадмия и меди) и Воронежского БЗ (соединения свинца), а также в горных бурых лесных почвах Кавказского БЗ (соединения свинца) и горно-луговых почвах Алтайского БЗ (соединения кадмия). В целом же, в почвах СКФМ, расположенных в Европейской части России, по сравнению с почвами станций фонового

мониторинга, приуроченных к Азиатской территории России, отмечаются относительно повышенные концентрации тяжелых металлов в поверхностных горизонтах почв по отношению к общемировому кларку почв. Это может свидетельствовать, прежде всего, о значимом антропогенном прессинге на природные экосистемы Центрального федерального округа - промышленно развитого региона с повышенной плотностью населения.

Содержание в почвах СКФМ приоритетных загрязнителей органической природы характеризует их экологическое состояние, в основном, как благополучное. Как правило, фиксируются лишь следовые количества поллютантов, поступивших в наземные экосистемы заповедников и национальных парков вследствие глобального рассеяния в атмосфере (табл. 2.1.2). 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.

Таблица 2.1.2. Средние величины содержания органических загрязняющих веществ в почвах СКФМ за период 2014-2018 гг. и диапазоны значений показателей за период 2008-2018 гг.

СКФМ	Опробованные почвы	Бенз(а)пирен, мкг/кг		сумма-ДДТ, мкг/кг		γ-ГХГЦ, мкг/кг	
		Диапазон за декаду	2014 г./ 2018 г.	Диапазон за декаду	2014 г./ 2018г.	Диапазон за декаду	2014 г./ 2018 г.
Центральный федеральный округ							
НП Смоленское Поозерье	Дерново-подзолистые супесчаные	0,2-1,2	0,2	≤0,2-10,0	≤0,2	≤0,2-0,7	≤0,2
Приокско-Террасный БЗ	Дерново-подзолистые суглинистые	0,1-0,9	0,6	0,5-70,8	4,5	≤0,05-6,0	0,3
Воронежский БЗ	Дерново-подзолистые песчаные	0,1-18,1	0,9	0,5-77,9	21,7	≤0,05-10,2	10,2
Южный федеральный округ							
Кавказский БЗ	Горные бурые лесные суглинистые	0,08-1,4	0,2	0,5-41,1	18,5	≤0,05-5,6	0,7
Астраханский БЗ	Аллювиальные луговые и лугово-болотные суглинистые	0,08-0,45	0,1	0,3-25,1	2,9	≤0,05-13,2	1,3
Приволжский федеральный округ							
Волжско-Камский БЗ	Дерново-подзолистые суглинистые	0,1-0,3	0,2	0,5-71,4	35,6	≤0,2-4,5	1,0
Сибирский федеральный округ							
Алтайский БЗ (Яйлю)	Горно-луговые суглинистые	0,1-3,7	0,5	0,5-52,6	4,8	≤0,05-2,2	0,25
Баргузинский БЗ	Горные мерзлотно-таежные суглинистые	0,3-1,6	0,5	0,5-98,6	15,5	≤0,05-3,4	1,7
Дальневосточный федеральный округ							
Командорский БР	Подзолы песчаные	0,3/ - *	0,3	36,0	36,0	1,1	1,1
ПДК		20		100		100	

* - нет данных

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 фоновое мониторинга с суглинистым составом единично отмечаются достаточно высокие остаточные концентрации пестицида, поступившего ранее из атмосферы. Так, суммарное содержание ДДТ и его метаболитов, численно превышающее величину 0,5 ПДК, было зарегистрировано в дерново-подзолистых почвах Приокско-Тerrasного БЗ, Воронежского БЗ и Волжско-Камского БЗ, а также в горных мерзлотно-таежных почвах Баргузинского БЗ.

По данным наблюдений за остаточным количеством 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 обнаружения и в 50 и более раз ниже установленных ПДК. Это позволяет говорить о фактическом отсутствии загрязнения почв фоновых территорий γ -ГХЦГ в настоящее время.

Фоновое содержание загрязняющих веществ в растительности

Растительный покров является первым ярусом наземных экосистем, который взаимодействует с аэрогенными поллютантами. Помимо непосредственного фолиарного взаимодействия растительности с загрязняющими веществами при их сухом осаждении и мокром выпадении из атмосферы растения инкорпорируют экотоксиканты из почв в процессе корневого питания. Таким образом, содержание загрязняющих веществ в растительности служит важным индикаторным показателем общего экологического состояния наземных экосистем.

По данным последнего срока опробования, а также за период наблюдений 2008-2018 гг. визуальное обследование состояния растительности СКФМ не выявляло видимых признаков нарушений роста и развития фитоценозов, которые могли бы определяться загрязнением окружающей среды. Содержание определяемых тяжелых металлов и органических загрязнителей в зеленых частях доминантных видов растений древесного и травянистого ярусов СКФМ в целом находилось в пределах колебаний характеристик природного фона, а в отношении соединений свинца и меди нередко было ниже среднемировых кларков, установленных Д.П. Малюгой для растений суши (табл. 2.1.3).

Существенное превышение на всех СКФМ измеренных величин содержания кадмия в растениях над его кларковым значением, установленным в 60-е годы XX века, может свидетельствовать об общем расширении техногенного потока элемента, произошедшем с того времени.

Концентрации бенз(а)пирена в зеленых частях растений СКФМ в значительной степени отражают региональный уровень рассеяния поллютанта в атмосфере и в меньшей мере зависят от жизненной формы растения и/или его видовой принадлежности. Согласно последним наблюдениям относительно повышенные концентрации бенз(а)пирена отмечаются в растительности Приокско-Террасного БЗ и Кавказского БЗ, наименьшие значения данного показателя характерны для НП Смоленское Поозерье (табл. 2.1.4).

Анализ содержания в растительности хлорорганических пестицидов выявил стабильно низкие концентрации γ -ГХГЦ, но единичные высокие значения ДДТ и его метаболитов, отмечаемые как в листьях деревьев, так и в зеленых органах напочвенного покрова, включая моховый. Поскольку применение хлорсодержащих органических инсектицидов групп ДДТ и ГХГЦ для борьбы с насекомыми было, в основном, прекращено после 1990-х гг., то рост их остаточных количеств в растительности фоновых территорий может определяться спецификой биоклиматических особенностей вегетации в годы наблюдений, а также пространственной неоднородностью распределения поллютантов в растительном покрове.

В последний срок наблюдений на СКФМ в отношении ряда определяемых показателей были отмечены максимальные значения за прошедшую декаду. В частности, в Приокско-Террасном БЗ в листе березы наблюдались наивысшие для многолетней динамики показатели содержания соединений свинца, а в разнотравье напочвенного покрова - как соединений кадмия, так и бенз(а)пирена и суммы метаболитов ДДТ; в Астраханском БЗ были отмечены максимумы содержания соединений кадмия, бенз(а)пирена и суммы метаболитов ДДТ в

листьях и стеблях тростника и ежевики; в Воронежском БЗ - свинца в моховом покрове, а также суммы ДДТ и его метаболитов в хвое сосны. В Кавказском БЗ последнее наблюдение выявило максимальные значения содержания всех тяжелых металлов - свинца, кадмия и меди - в листьях травянистого покрова.

Таблица 2.1.3. Средние концентрации тяжелых металлов в растительности СКФМ в 2014-2018 гг. и диапазоны значений показателей за период 2008-2018 гг.

Станция КФМ	Проба	Свинец, мг/кг		Кадмий, мг/кг		Медь, мг/кг	
		Диапазон за декаду	2014 г./ 2018 г.	Диапазон за декаду	2014 г./ 2018 г.	Диапазон за декаду	2014 г./ 2018 г.
Центральный федеральный округ							
НП Смоленское Поозерье	Осина, листва	0,3-7,3	1,2	0,18-0,96	0,90	-	5,3
	Липа, листва		3,4		0,39		9,2
	Черника		0,3		0,22		8,0
	Мох		4,0		0,90		4,3
Приокско-Тerrasный БЗ	Береза, листва	0,05-7,3	7,3	0,15-3,50	0,46	0,7-20,0	2,8
	Разнотравье	0,51-1,5	1,0	0,16-0,71	0,32	1,9-9,0	5,0
Воронежский БЗ	Хвоя сосны	0,5-1,9	1,6	0,17-0,60	0,50	-	-
	Разнотравье	0,1-1,7	1,4	0,10-0,62	0,39		
	Мох	3,1-10,3	10,3	0,40-0,90	0,90		
Южный федеральный округ							
Астраханский БЗ	Ясень, листва	0,5-7,4	0,9	0,30-5,30	1,10	9,5-107,0	3,2
	Ветла, листва		2,7		3,50		5,6
	Тростник		3,3		0,81		4,1
	Ежевика		0,68-17,0		2,1		17,90
Кавказский БЗ	Разнотравье	0,54-2,6	2,6	0,10-2,50	2,50	2,8-24,6	24,6
Приволжский федеральный округ							
Волжско-Камский БЗ	Сосна, хвоя	1,3-2,9	2,5	0,25-0,50	0,40	3,7-18,0	4,2
	Разнотравье	1,4-3,9	3,0	0,28-2,70	1,50	3,5-9,8	3,5
	Мох	4,0-42,0	37,0	0,70-1,40	0,80	4,2-11,0	5,0
Сибирский федеральный округ							
Баргузинский БЗ	Листва деревьев	0,36-0,53	0,5	0,33-0,88	0,60	0,5-4,0	2,3
	Хвоя кедра	0,44-1,3	0,7	0,20-0,48	0,30	1,1-2,5	1,9
	Разнотравье	0,29-1,4	0,7	0,06-0,27	0,15	0,8-3,2	1,9
	Мох	1,0-3,5	2,2	0,30-1,30	0,60	2,3-3,2	2,7
Алтайский БЗ (Яйлю)	Разнотравье	1,0-2,6	1,4	0,19-0,66	0,19	2,4-7,2	3,2
Дальневосточный федеральный округ							
Командорский БР	Рододендрон	-	0,5	-	0,10	-	4,0
Кларки растений**		10		0,01		20	

* - нет данных

** Кларки элементов в золе растений по Д.П.Малюге (1963)

Таблица 2.1.4. Средние концентрации органических загрязняющих веществ в растительности СКФМ в 2014-2018 гг. и диапазоны значений показателей за период 2008-2018 гг.

Станция КФМ	Проба	Бенз(а)пирен, мкг/кг		сумма-ДДТ, мкг/кг		γ-ГХГЦ, мкг/кг	
		Диапазон за декаду	2014 г./ 2018 г.	Диапазон за декаду	2014 г./ 2018 г.	Диапазон за декаду	2014г./ 2018 г.
Центральный федеральный округ							
НП Смоленское Поозерье	Осина, листва		0,03		1,1		≤0,05
	Липа, листва		0,03		-		-
	Черника	0,03-1,10	0,13	≤0,5-21,0	11,0	≤0,05-2,0	1,0
	Мох		0,14		7,1		1,7
Приокско-Тerrasный БЗ	Береза, листва	0,05-0,19	0,36	0,5-58,7	3,7	≤0,05-3,2	1,7
	Разнотравье	0,16-0,58	0,58	0,5-54,4	54,4	≤0,05-3,8	2,4
Воронежский БЗ	Хвоя сосны	0,40	0,40	2,0-37,3	37,3	0,05-2,4	2,4
Южный федеральный округ							
Астраханский БЗ	Ясень, листва	0,12-0,30	0,20	0,77-78,7	118,3	0,3-2,6	0,7
	Ветла, листва	0,18-0,37	0,18	≤0,2-18,0	4,4	нпо-0,3	0,5
	Тростник	0,12-0,27	0,37	≤0,5-28,2	18,0	нпо-4,5	нпо
	Ежевика		0,19		28,2		нпо
Кавказский БЗ	Разнотравье	0,15-0,54	0,54	≤0,5-44,2	24,8	≤0,05-4,2	0,3
Приволжский федеральный округ							
Волжско-Камский БЗ	Сосна, хвоя	0,21-0,28	0,25	1,0-23,0	12,0	2,7-5,4	4,0
	Разнотравье	0,07	0,07	3,0	3,0	2,0	2,0
	Мох	0,07-0,14	0,10	46,0-220,0	122,0	0,5-5,0	2,5
Баргузинский БЗ	Листва деревьев	0,02-0,60	0,25	3,4	3,4	1,5	1,5
	Хвоя кедра	0,24-0,60	0,35	13,0	13,0	3,4	3,4
	Мох	0,24-0,60	0,33	-	-	-	-

В целом, для отдельных показателей фонового загрязнения компонентов растительного покрова СКФМ веществами глобального рассеяния, согласно результатам последнего опробования, максимальные уровни содержания соединений свинца (37,0 мг/кг) были отмечены в моховом покрове Волжско-Камского БЗ; кадмия (17,9 мг/кг) - в травостое ежевики Астраханского БЗ; меди (59,5 мг/кг) - в листе липы НП Смоленское Поозерье; бенз(а)пирена (0,5-0,6 мкг/кг) - в разнотравье напочвенного покрова Приокско-Террасный БЗ 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.

Среди отдельных ярусов фитоценозов моховый покров лесных экосистем только Воронежского БЗ и Волжско-Камского БЗ характеризовался стабильно высокими значениями содержания свинца (а в Волжско-Камском БЗ еще и существенно повышенными значениями концентрации группы суммации ДДТ и его метаболитов). Поскольку отдел мохообразных более других групп растений способен к накоплению выпадений из атмосферы, то отмеченный аномальный рост показателей может свидетельствовать о значительной аэрогенной нагрузке на экосистемы регионов.

2.2. Содержание загрязняющих веществ в почвах 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 в фоновых районах, прилегающих к техногенным. Согласно ИСО 11074-1-96 фоновая концентрация вещества в почвах - это средняя концентрация вещества в исследуемых почвах, зависящая от геологических и почвообразующих условий. Фоновый район для вещества в почвах изучаемого города - территория в районе расположения города с фоновой концентрацией вещества в почвах, аналогичных почвам города.

Ежегодно летом отбирается от 1 до 10 объединённых проб почв в фоновых районах обследуемых городов, в которых определяются массовые доли тяжелых металлов (ТМ), нефти и нефтепродуктов (НП), фтора, нитратов, сульфатов, бенз(а)пирена (БП).

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

Таблица 2.2.1. Массовые доли нитратов и водорастворимого фтора, мг/кг, в почвах фоновых районов Российской Федерации

Место наблюдений	Тип почв	Год наблюдений	Нитраты	Фтор
Сибирский федеральный округ				
Западная Сибирь Новосибирск с. Прокудское	Подзолистые	1995-2018	2,0-36,5	0,3-3,5
Кемерово, д. Калинкино ЮЮЗ 55 км от ГРЭС	Выщелоченный чернозём	1995-2018	6,2-87,5	0,2-4,3
г. Новокузнецк, пос. Сарбала ЮЮВ 32 км от ГРЭС	Подзолистые	1995-2018	3,8-24,6	0,2-9,5
г. Томск, с. Ярское Ю 43 км от ГРЭС-2		2001-2018	1,5-49,0	0,3-3,8
Иркутская область г. Братск 34 км СВ от ПАО «РУСАЛ Братск»	Серые лесные, дерново- карбонатные и дерново- насыпные	2008, 2018	-	3,1-10,2
г. Усть-Илимск 28 км от ОАО «Группа Илим»	Серые лесные	2008, 2018	-	0,8-1,2
Приволжский федеральный округ				
Самарская область Волжский район НПП «Самарская Лука» З 30 км от г. Самара	Чернозёмы	2006-2018	1-47	0,2-2,0
Волжский район АГМС п. Аглос ЮЗ 20 км от г. Самара		2006-2018	3-36	0,8-2,3
Уральский федеральный округ				
Свердловская область п. Мариинск ЮЗ 54 км от г. Екатеринбург	Подзолистые	1999-2018	0,2-13,2	-

За рассматриваемый период наблюдалось варьирование содержания в почвах нитратов и фтора. Значений, превышающих допустимые гигиенические нормативы, не было выявлено.

В 2018 г. плотность выпадений соединений фтора в Братском районе Иркутской области уменьшилась в 1,2 раза по сравнению с предыдущими измерениями и составила 5,2 кг/км²·мес. По данным многолетних наблюдений (2012-2018 гг.) плотность атмосферных выпадений фторидов на фоновой площадке п. Листвянка Иркутской области по валовому содержанию варьировала в диапазоне 0,62-0,88 кг/км²·мес.

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.

Фоновые значения массовых долей кислоторастворимых форм никеля в подзолистых почвах для городов Новосибирск и Томск, исследованных в 1995–2018 гг., изменялись соответственно от 5,5 до 32 мг/кг и от 0,45 до 25 мг/кг. В почвах этих городов в 2018 г. фоновые значения содержания марганца составили 524 и 821 мг/кг соответственно. В фоновых пробах почв, обследованных в 2013 и 2018 гг. в 99 км на север от Екатеринбурга, массовые доли кислоторастворимых форм хрома изменялись в диапазоне 35-49 мг/кг.

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	Co	Mn	Ni	Hg
Центральный федеральный округ						
Московская область Талдомский район Государственный заказник «Журавлиная родина»	Дерново-подзолистые	2018	0,6	429	7,6	-
Сибирский федеральный округ						
Иркутская область г. Братск 34 км СВ от ПАО «РУСАЛ Братск»	Серые лесные, дерново-карбонатные и дерново-насыпные	2008, 2018	15-33,2	414-521	12-46	<0,02
г. Усть-Илимск 28 км от ОАО «Группа Илим»	Серые лесные	2008, 2018	16,6-25	603-651	7,5-67	0,01-0,02
Дальневосточный федеральный округ						
Приморский край г. Находка СЗ 30 км	Лесная буроподзолистая	2000, 2012, 2018	3,5-11	280-798	3-12,7	0,05-0,24
г. Партизанск С 30 км	Остаточно-пойменная	2002, 2011, 2018	10-14	655-989	7-25	0,07-0,08
Уральский федеральный округ						
Свердловская область п. Мариинск ЮЗ 54 км от г. Екатеринбург	Подзолистые	1999-2018	4-44	77-3110	1,5-181	0,01-0,20
Приволжский федеральный округ						
Нижегородская область 20 км от г. Бор	Дерново-подзолистые	2018	<8	338	<20	<0,02
г. Выкса Навашинский заказник, 20 км от г. Выкса		1990, 2018	1,9-8	931-1621	<10-12	0,02-0,03
г. Дзержинск территория городского округа г. Дзержинска		2013, 2018	1-8	77-224	10-12	0,02-0,04
Самарская область НПП «Самарская Лука» 3 30 км от г. Самара	Черноземы	2006-2018	-	43-515	11-87	-
АГМС п. Аглос ЮЗ 20 км от г. Самара			-	175-778	9-103	-
Удмуртская Республика В 20 км от г. Ижевск	Дерново-подзолистые	2006-2018	4-14	673-1450	21-64	0,02-0,05
Республика Татарстан г. Казань СЗ 20 км	Дерново-подзолистые	2008-2018	2-8	250-600	2-36	0,01-0,04
г. Нижнекамск г. Набережные Челны СВ, Национальный парк «Нижняя Кама»			3-9	223-390	12-29	0,01-0,05
Кировская область г. Кирово-Чепецк СЗ 20 км, ЮВ 27 км от АО «ОХК Уралхим» и ООО «ГалоПолимер»	Дерново-подзолистые	2008, 2018	7,8-11	579-1007	47-48	<0,02-0,03

Фоновые массовые доли кислоторастворимых (сравнимых с валовыми) форм кадмия, меди, свинца и цинка, а также НП и БП в почвах фоновых площадок на территории отдельных регионов Российской Федерации представлены в табл. 2.2.3.

Таблица 2.2.3. Массовые доли кадмия, меди, свинца, цинка, НП и БП, мг/кг, в почвах фоновых площадок на территории Российской Федерации

Место наблюдений	Тип почв	Год наблюдений	Cd	Cu	Pb	Zn	НП
Центральный федеральный округ							
Московская область Талдомский район Государственный заказник «Журавлиная родина»	Дерново- подзолистые	2018	0,6	4,4	21	25,4	-
Сибирский федеральный округ							
Западная Сибирь г. Новосибирск с. Прокудское	Подзолистые	1998-2018	0,4-3,0	3-30	1,6-40	5-47	9-264
г. Кемерово д. Калинкино ЮЮЗ 55 км от ГРЭС	Серые лесные	1995-2018	0,2-6,3	4-41	5-31	18-169	6-110
г. Новокузнецк пос. Сарбала ЮЮВ 32 км от ГРЭС	Подзолистые	1995-2018	<0,1-1,3	<0,1-27	13,2-25	<0,1-133	105-510
г. Томск, с. Ярское Ю 43 км от ГРЭС-2	Подзолистые	2001-2018	<0,1-0,5	2-20	4,1-27	22-200	20-296
Иркутская область г. Братск 34 км СВ от ПАО «РУСАЛ Братск»	Серые лесные, дерново- карбонатные	2008, 2018	0,3-0,8	15-28,7	3,4-19	52-76,7	—
г. Усть-Илимск 28 км от ОАО «Группа Илим»	Серые лесные	2008, 2018	0,3-2,2	70,8-84	3-16	76,8-131	—
Дальневосточный федеральный округ							
Приморский край г. Находка СЗ 30 км	Лесная буроподзоли- стая	2000, 2012, 2018	0,3-0,4	3-10	4-24	18-69	—
г. Партизанск С 30 км	Остаточно- пойменная	2002, 2011, 2018	0,1-0,3	8,3-16	12-23,7	58-65	
Уральский федеральный округ							
Свердловская область п. Мариинск ЮЗ 54 км от г. Екатеринбург	Подзолистые	1999-2018	0,5-2,2	13-368	7,0-137	44-201	—
Приволжский федеральный округ							
Нижегородская область 20 км от г. Бор	Дерново- подзолистые	2018	<1,2	<7	<10	14	138
г. Выкса Навашинский заказник, 20 км от г. Выкса		1990, 2018	1-1,2	5-9	10-11	5-12	69-188
г. Дзержинск территория городского округа г. Дзержинска		2013, 2018	0,5-4,0	5-12	<9-10	20-32	32-79
Самарская область НПП «Самарская Лука» 3 30 км от г. Самара	Черноземы	2006-2018	0,2-2,8	7-118	8-88	35-219	9-175
АГМС п. Агрос ЮЗ 20 км от г. Самара			0,1-2,5	8-55	1-21	31-271	2,4-9,8
Удмуртская Республика В 20 км от г. Ижевск	Дерново- подзолистые	2006-2018	0,5-4,0	18-48	10-130	39-191	26-73
Республика Татарстан г. Казань СЗ 20 км	Дерново- подзолистые	2008-2018	0,2-0,5	2,5-11	4-18	10-180	50-96
г. Нижнекамск г. Набережные Челны СВ, Национальный парк «Нижняя Кама»		2008-2018	0,6-1,0	5-28	4-22	17-70	36-150
Кировская область г. Кирово-Чепецк СЗ 20 км, ЮВ 27 км от АО «ОХК Уралхим» и ООО «ГалоПолимер»	Дерново- подзолистые	2008, 2018	<0,5	18-24	<10-32	40-355	69-129

Результаты наблюдений, проведенные с 1999 по 2018 гг. в районе п. Мариинск Свердловской области, показали, что в подзолистых почвах фоновые массовые доли подвижных форм хрома изменялись от 0,6 до 1,1 мг/кг (кислоторастворимых форм хрома - от 18 до 110 мг/кг), свинца - от 1,0 до 19 мг/кг, марганца - от 30 до 485 мг/кг, никеля - от 0,2 до 5,0 мг/кг, цинка - от 1,6 до 137 мг/кг, меди - от 0,5 до 25 мг/кг, кобальта - от < 0,01 до 2,5 мг/кг, кадмия - от < 0,01 до 1,12 мг/кг.

На расстоянии 99 км в северном направлении и на расстоянии 80 км в северо-восточном направлении от г. Екатеринбурга содержание подвижных форм свинца в подзолистых почвах составило соответственно 14 и 3,9 мг/кг, хрома - 1,1 и 1,0 мг/кг, марганца - 166 и 147 мг/кг, никеля - 1,4 и 5,1 мг/кг, цинка - 51 и 6,5 мг/кг, меди - 17 и 1,4 мг/кг, кобальта - 1,5 и 0,6 мг/кг, кадмия - 0,6 и 0,3 мг/кг.

В городах Находка и Партизанск Приморского края фоновые значения содержания подвижных форм свинца составляли 4,13 и 3,7 мг/кг соответственно, меди - <0,5 и 1,1 мг/кг, кадмия - 0,36 и <0,05 мг/кг, никеля - <0,5 и <0,5 мг/кг, цинка - 8,0 и 10,1 мг/кг, марганца - 111,5 и 44,9 мг/кг. В городах Бор, Выкса, Дзержинск Нижегородской содержание подвижных форм ТМ было ниже предела обнаружения: меди - < 0,3 мг/кг, никеля - < 1 мг/кг, свинца - ≤1,8 мг/кг, цинка - ≤ 2,9 мг/кг, кадмия - < 0,2 мг/кг. В почвах фоновой площадки в районе г. Ижевск Удмуртской Республики содержание меди составило 0,3 мг/кг, никеля - < 1,2 мг/кг, свинца - < 0,4 мг/кг, цинка - < 1,0 мг/кг, кадмия - < 0,1 мг/кг.

В 2018 г. было выявлено содержание сульфатов в почвах фоновых площадок в городах Находка (3,3 мг/кг) и Партизанск (35 мг/кг) Приморского края, г. Самара НПП «Самарская Лука» (70 мг/кг) и АГМС п. Аглос (173 мг/кг), г. Сызрань (35 мг/кг) Самарской области, городах Братск (245 мг/кг) и Усть-Илимск (286 мг/кг) Иркутской области.

В большинстве регионов значения массовых долей ТПП в почвах варьируют в определённых пределах, зависящих от природной неоднородности почв, оставаясь в среднем за период наблюдений примерно на одном уровне. Отдельные высокие значения фоновых массовых долей химических веществ в почвах фиксируются редко. За многолетний период наблюдений превышение предельно допустимых и ориентировочно допустимых концентраций химических веществ в почвах наблюдалось в единичных случаях.

Анализ значений фоновых массовых долей ТПП в почвах Российской Федерации позволяет оценить состояние почв фоновых площадок как благополучное.

2.3. Оценка отклика древостоев сосны обыкновенной на воздействие климатических факторов (МСП КМ)

Мониторинг отклика древостоев на изменения климатической ситуации в Российской Федерации выполняется с 1992 г. в рамках Международной совместной программы по комплексному мониторингу влияния загрязнения воздуха на экосистемы (МСП КМ) Европейской экономической комиссии ООН, осуществляемой в рамках Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния в Европе сотрудниками Национального научно-координационного центра (ННКЦ) данной программы. Целью МСП КМ является оценка отклика биогеоценозов Северного полушария на изменение климата и загрязнение окружающей среды. Исследования в рамках данной программы проводятся с учетом сценариев изменений климата Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК). Для более коротких временных периодов (до 30 лет) методом дендрохронологических исследований является оценка отклика деревьев на внешние воздействия по параметрам приростов в высоту.

Объектом изучения служила сосна обыкновенная болотного экотипа (*Pinus sylvestris* L. var. *nana* Pall.). Изучались сосняки сфагновые, характеризующие сомкнутостью 0,1-0,2, V-Va бонитета. В травяно-кустарничковом ярусе обычны карликовая береза (*Betula nana* L.), кассандра (*Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench), багульник (*Ledum palustre* L.), голубика (*Vaccinium uliginosum* L.), подбел (*Andromeda polifolia* L.), пушица (*Eriophorum vaginatum* L.), брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.), клюква (*Oxycoccus quadripetalus* Gilib).

Объектом анализа послужили ряды измерений линейных приростов, полученные за 30 лет на трёх особо охраняемых природных территориях (ООПТ), расположенных на севере ЕЧР, в зоне средней и северной тайги: в Комплексном заказнике «Полярный круг» (66°34' N, 33°08'E), на территории Государственного природного заповедника «Кивач» (62°16' N, 33°58'E) и Печоро-Илычского государственного природного заповедника (61°43' - 61°53'N; 56° 52' - 57°07'E). Все три ООПТ расположены в сходных, типичных для севера ЕЧР экосистемах и характеризуются доминированием бореальной флоры в составе биогеоценозов.

Для выявления зависимости приростов от метеорологических факторов использовались метеоданные режимных метеостанций Государственного природного заповедника «Кивач», Печоро-Илычского государственного природного заповедника, а также режимной метеостанции Росгидромета «Кандалакша». Были дифференцированно рассмотрены ряды аномалий среднемесячных температур и месячных сумм осадков за вегетационные сезоны (апрель – сентябрь) текущего (года проведения измерений) и предыдущего годов для всего периода наблюдений. Степень различия или сходства приростов болотной формы сосны трех изучаемых ООПТ оценивалась методами кластерного и корреляционного анализа Пирсона (с вероятностью 90 %).

В качестве показателя сходства или различия откликов сосны трех изучаемых ООПТ на климатические условия была рассмотрена степень зависимости рядов приростов от рядов среднемесячных температур и месячных сумм осадков вегетационного сезона за весь период наблюдений. Результаты корреляционного анализа рядов индексов прироста и температур и сумм осадков представлены в табл. 2.3.1 и 2.3.2.

Таблица 2.3.1. Корреляции между рядами приростов сосны и среднемесячными температурами текущего вегетационного сезона (значимые коэффициенты корреляции выделены жирным шрифтом)

	текущий год			предыдущий год		
	Заповедник «Кивач»	Печоро-Ильчский заповедник	Заказник «Полярный круг»	Заповедник «Кивач»	Печоро-Ильчский заповедник	Заказник «Полярный круг»
апрель	0,08	0,28	-0,27	0,19	-0,01	0,13
май	0,30	-0,04	-0,14	-0,13	-0,30	0,07
июнь	-0,39	0,03	0,22	0,61	0,17	0,35
июль	-0,20	-0,17	-0,23	0,04	0,57	-0,11
август				0,34	0,63	0,28
сентябрь				0,10	-0,25	0,02

Таблица 2.3.2. Корреляции между рядами приростов сосны и месячными суммами осадков текущего вегетационного сезона (значимые коэффициенты корреляции выделены жирным шрифтом)

	текущий год			предыдущий год		
	Заповедник «Кивач»	Печоро-Ильчский заповедник	Заказник «Полярный круг»	Заповедник «Кивач»	Печоро-Ильчский заповедник	Заказник «Полярный круг»
апрель	-0,08	-0,21	0,03	0,17	0,17	-0,02
май	0,07	0,11	0,14	-0,20	0,06	-0,44
июнь	-0,02	0,13	-0,45	-0,47	0,22	-0,33
июль	0,38	0,09	-0,31	-0,53	-0,09	0,06
август				-0,21	0,46	-0,05
сентябрь				-0,08	-0,06	0,03

Как видно по результатам корреляционного анализа, представленного в таблице 2.3.1, приросты деревьев на трех северных ООПТ показывают значимые положительные зависимости от температур предыдущего вегетационного сезона. Отсутствие значимых зависимостей от температур текущего сезона объясняется тем, что данный метеорологический фактор в рассматриваемом регионе является лимитирующим для развития почек возобновления, из которых будет сформирован прирост следующего года. Указанные значимые корреляции на всех изучаемых территориях при сходстве знака коэффициента приходятся на разные временные периоды вегетационного сезона, т.е. на различные фазы развития сосняков, что объясняется высоким уровнем мозаичности микро- и мезорельефа, являющейся причиной пространственной вариабельности локальных фитоценологических условий. Тем не менее, можно сделать вывод о сходных откликах древостоев сосны на воздействие сумм температур предыдущего вегетационного сезона, что свидетельствует об относительной однородности локальных значений данного фактора.

При определении зависимостей приростов древостоев сосны на рассматриваемых ООПТ от сумм осадков текущего и предыдущего вегетационных сезонов получены разные знаки коэффициентов корреляции. В сфагновых местообитаниях избыток осадков ведет к водному стрессу у растительности, на что указывают отрицательные коэффициенты корреляций; однако недостаток осадков также лимитирует рост сосны из-за повышенной кислотности и низкой температуры корнеобитаемого слоя. В сухих же местообитаниях рост растительности лимитирует недостаток осадков. Ранее проведенные нами исследования показывают, что оптимальны-

ми биотопами для сосны являются свежие местообитания.

Таким образом, температуры, в отличие от осадков, не являются для данной породы в рассматриваемых широтах лимитирующим фактором. Лимитирующей для сосняков является степень влагообеспеченности, определяемая осадками, а в свежих биотопах на изучаемых ООПТ осадков для роста древостоев достаточно. Лимитирующий фактор (количество осадков) воздействует не только на формирование почки возобновления, но и прирост текущего года.

Анализ данных (до 30 лет) отклика бореальных древостоев на климатические изменения показал, что приросты в высоту сосны обыкновенной на верховых болотах в значительной степени зависят от межгодовых вариаций температуры и осадков. Среди измеряемых метеопараметров наибольшая зависимость степени variability приростов связана с осадками вегетационного периода предыдущего года.

3. ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ

3.1. Фоновые уровни загрязняющих веществ по данным сети СКФМ

Тяжелые металлы

В 2018 г. фоновое содержание ртути, свинца, кадмия в поверхностных водах большинства фоновых районов России соответствовало интервалам величин, наблюдаемых в последние годы, и составило для ртути 0,04–0,34 мкг/л, свинца 1,3–3,1 мкг/л, кадмия 0,02–0,5 мкг/л. На Азиатской территории России фоновые концентрации тяжелых металлов, как правило, ниже, чем на ЕТР (табл. 3.1.1).

Таблица 3.1.1 Фоновое загрязнение поверхностных вод по данным сети КФМ

Заповедник	Период наблюдений	Свинец, мкг/л		Кадмий, мкг/л		Ртуть, мкг/л	
		Диапазон	2018 г	Диапазон	2018 г	Диапазон	2018 г
Кавказский БЗ	1982-2018	0,2-16,0	1,572	0,01-2,5	0,034	0,03-1,4	0,34
Приокско-Тerrasный БЗ	1987-2018	нпо-39,4	3,026	0,03-3,5	0,067	0,03-8,7	0,167
Баргузинский БЗ	1982-2008	0,2-7,4	1,7*	0,01-1,5	0,09*	0,01-9,7	1,03*
Астраханский БЗ	1988-2018	0,16-128,0	1,310	0,1-413	0,476	0,022-74	0,193
Воронежский БЗ	1990-2018	0,34-50	2,453	0,01-4,6	0,018	0,003-1,0	0,076
Яйлю	2002-2018	0,01-3,6	2,223	0,01-0,7	0,047	0,01-0,097	0,048
Смоленское поозерье	2009-2016	0,15-6,0	2,058*	0,03-0,67	0,054*	0,01-3,5	0,208*
Байкальский БЗ	2011-2014	0,45-0,8*	0,61*	0,21-0,46*	0,294*	0,036-89*	17,88*
Волжско-Камский БЗ	2012-2015	0,18-0,33	0,255*	0,036-0,21	0,123*	0,005-0,008*	0,007*
Центрально-лесной БЗ	1988-2011	0,2-66,6	0,8*	0,03-5,7	0,5*	0,03-0,5	0,2*

Заповедник	Период наблюдений	Бенз(а)пирен, нг/л		сумма-ДДТ, нг/л		γ-ГХГЦ, нг/л	
		Диапазон	2018 г	Диапазон	2018 г	Диапазон	2018 г
Кавказский БЗ	1982-2018	0,05-8,9	1,255*	нпо-370	38,162	нпо-188,4	16,968
Приокско-Тerrasный БЗ	1987-2018	0,05-12,9	0,927	нпо-215,2	116,7	нпо-129,3	1,44
Баргузинский БЗ	1982-2008	0,05-16,3	1,0*	1,6-112,5	17,57*	нпо-86,6	38,74*
Астраханский БЗ	1988-2018	нпо-11,7	1,264	нпо-328	318,580	нпо-92	13,867
Воронежский БЗ	1990-2018	0,05-5,6	0,943	нпо-14830	683,06	нпо-151,6	11,00
Яйлю	2002-2018	0,2-3,6	0,926	нпо-311,24	85,08	нпо-258,8	13,29
Смоленское поозерье	2009-2016	0,16-0,88	0,49*	нпо-288	60,43*	нпо-29,1	9*
Байкальский БЗ	2011-2014	0,05-1,64	1,06*	1,6-112,5	17,57*	нпо-86,6	38,74*
Волжско-Камский БЗ	2012-2015	нпо-0,5	0,45*	0,8-151,7	150,30*		нпо*
Центрально-лесной БЗ	1988-2011	0,05-22,0	1,3*			нпо-15	нпо*

нпо - ниже предела обнаружения

* - последнее измерение

Пестициды и ПАУ

В 2018 г. концентрации суммы изомеров ДДТ в поверхностных водах большинства фоновых территорий (за исключением Воронежского БЗ) колебались от 38 до 318 нг/л. В поверхностных водах р. Усмань (Воронежский БЗ) на протяжении трех последних лет наблюдаются концентрации ДДТ, превышающие 3000 нг/л. Анализ возможных причин резкого роста концентраций позволяет предположить, что возможно несанкционированное

использование ДДТ в борьбе с вредителями садов, занимающих значительные площади вокруг территории Воронежского БЗ. Концентрации γ -ГХЦГ в большей части проб не превысили предела обнаружения.

Содержание бенз(а)пирена и бензперилена в поверхностных водах заповедников, как и в предыдущие годы, составило от 0,9 до 1,3 нг/л (табл. 3.1.1).

По данным сети СКФМ в течение последних 10-лет сохраняется тенденция стабилизации фонового содержания тяжелых металлов, пестицидов, ПАУ в поверхностных водах.

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

Бассейн Азовского моря.

На протяжении многолетнего периода качество воды **р. Ворона** в черте г. Уварово характеризовалось как «слабо загрязненная»; в отдельные годы - «условно чистая». В 2018 г. качество воды ухудшилось до уровня «загрязненная» в результате увеличения количества загрязняющих веществ от 2 до 7-ми, и повторяемости случаев превышения ПДК – аммонийным азотом от 0 до 29%, органическими веществами (по ХПК) от 57 до 100 %. Среднегодовые концентрации мало изменились и были ниже или в пределах ПДК, максимальные - соединений железа, нитритного и аммонийного азота, органических веществ и нефтепродуктов регистрировались на уровне 1,5-3 ПДК (в 2017 г. - в пределах 1 ПДК) (рис. 3.2.1).

Качество воды **р. Лесной Воронеж**, выше г. Мичуринск в многолетнем плане характеризовалось как «слабо загрязненная», в отдельные годы - как «условно чистая». В 2018 г. возросло количество загрязняющих веществ от 2-х до 4-х из 13, учтенных в комплексной оценке качества воды. В единичном случае концентрация соединений железа достигала 2 ПДК, большинства загрязняющих веществ - ниже ПДК. В 2018 г. качество воды характеризовалось как «слабо загрязненная» (2017 г. - «условно чистая») (рис. 3.2.2).

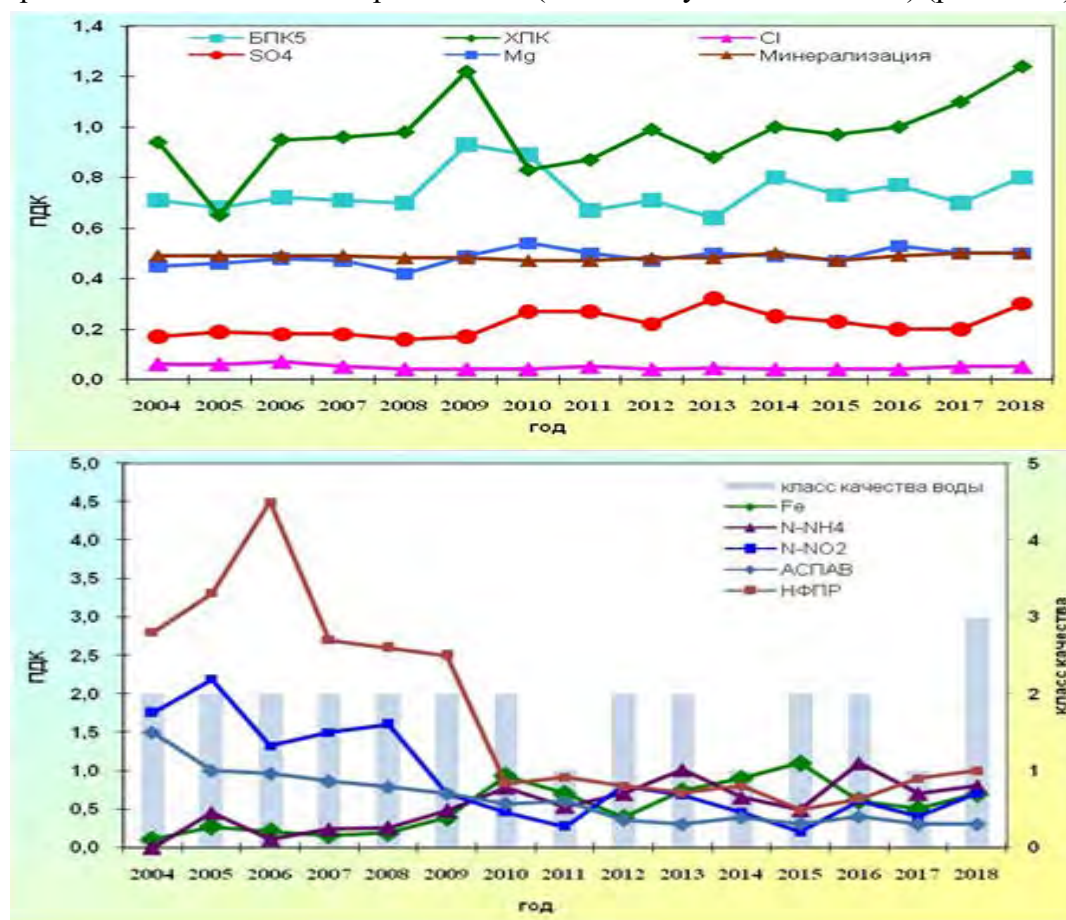


Рис. 3.2.1 Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качество воды **р. Ворона** в черте г. Уварово многолетнем плане

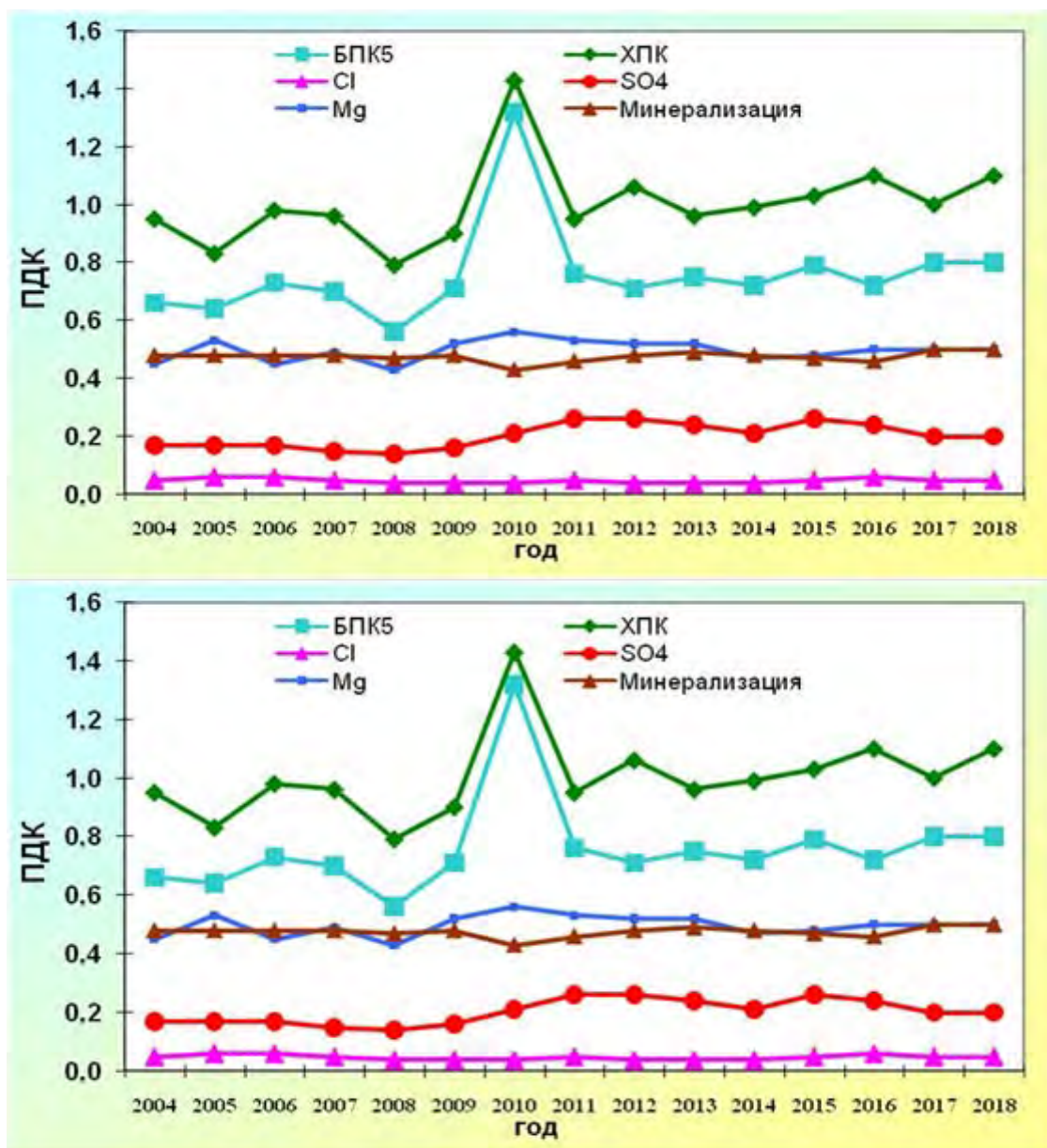
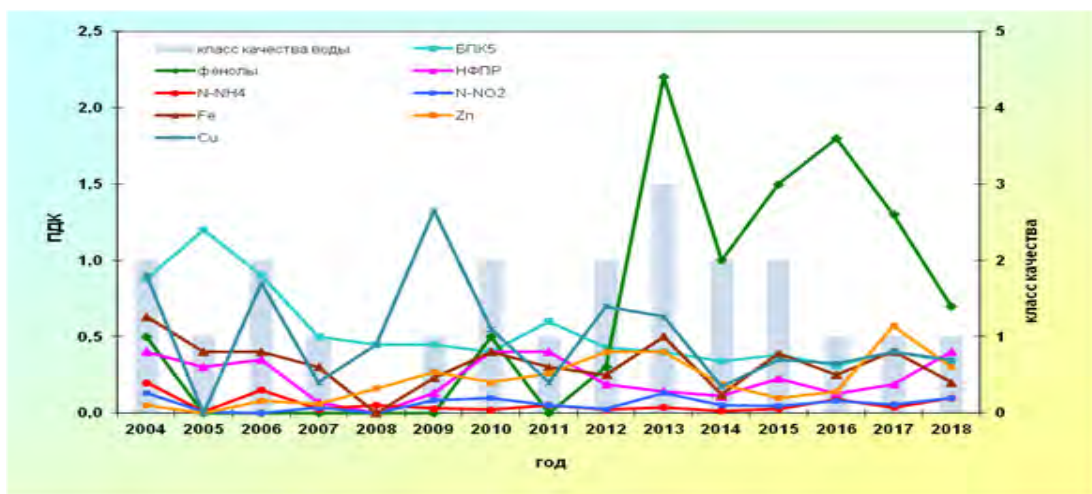


Рис. 3.2.2 Изменение концентраций отдельных ингредиентов и качество воды р. Лесной Воронеж, выше г. Мичуринск многолетнем плане

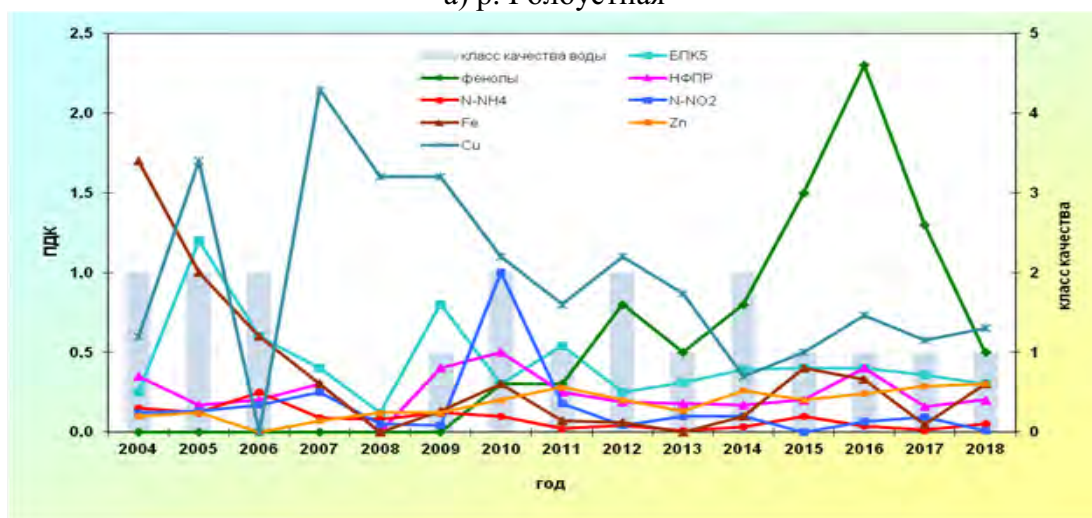
Бассейн Карского моря

Притоки озера Байкал. В 2018 г. гидрохимические наблюдения проводились на устьевых участках 10 рек, выбранных в качестве фоновых.

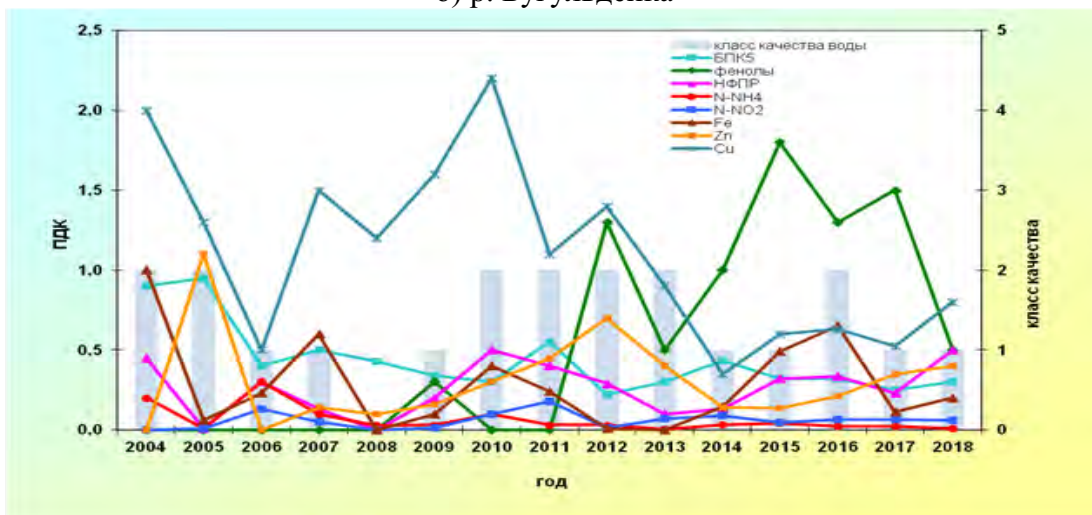
Вода рек **Голоустная, Бугульдейка, Сарма, Мантуриха, Мысовка, Снежная, Выдриная, Хара-Мурин, Утулик** в 2018 г. как и предыдущие годы, характеризовалась как «условно чистая», **р. Б. Сухая** - как «слабо загрязненная» (рис. 2.2.3).



а) р. Голоустная

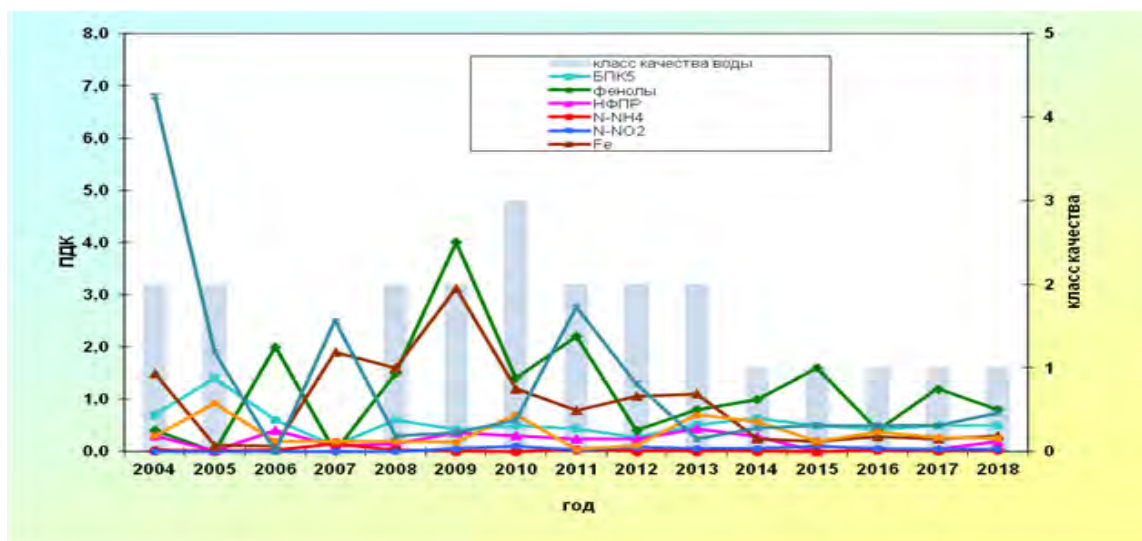


б) р. Бугульдейка

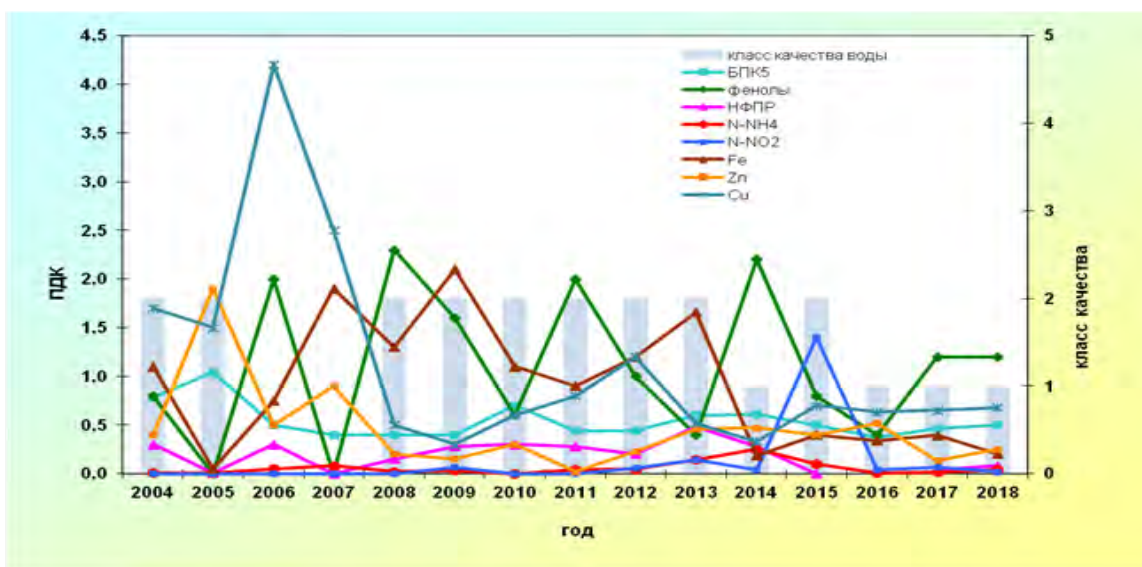


в) р. Сарма

Рис. 3.2.3 (начало) Изменение класса качества и среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и показателей качества воды притоков Байкала в многолетнем плане



г) р. Мантуриха



д) р. Мысовка

Рис. 3.2.3 (окончание) Изменение класса качества и среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и показателей качества воды притоков Байкала в многолетнем плане

Иркутское водохранилище. В 2018 г. вода Иркутского водохранилища в большинстве пунктов наблюдений в многолетнем плане характеризуется как «условно чистая». Сохранился высоким уровень качества воды - «условно чистая» Иркутского водохранилища на участке п. Патроны – г. Иркутск центр водозабора, снизилось до «слабо загрязненная» качество воды Иркутского водохранилища в районе ОГП-1 Исток Ангары (рис. 3.2.4).

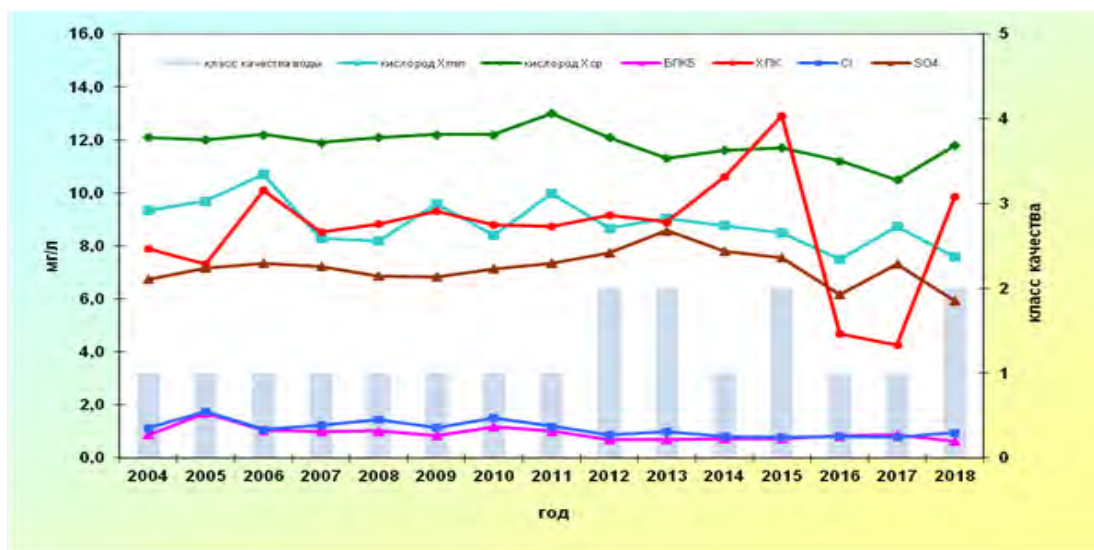


Рис. 3.2.4 Изменение класса качества и среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и показателей качества воды Иркутского водохранилища, ОГП-1 Исток Ангары в многолетнем плане

Бассейн Восточно-Сибирского моря

Река Лена. В 2018 г. вода р. Лена в верхнем створе р.п. Качуг по-прежнему оценивалась как «слабо загрязненная». Хорошее качество воды р. Лена в створе р.п. Качуг обусловлено низким содержанием среднегодовых концентраций соединений металлов, нефтепродуктов, аммонийного и нитритного азота не превышающих 1 ПДК (рис. 3.2.5).

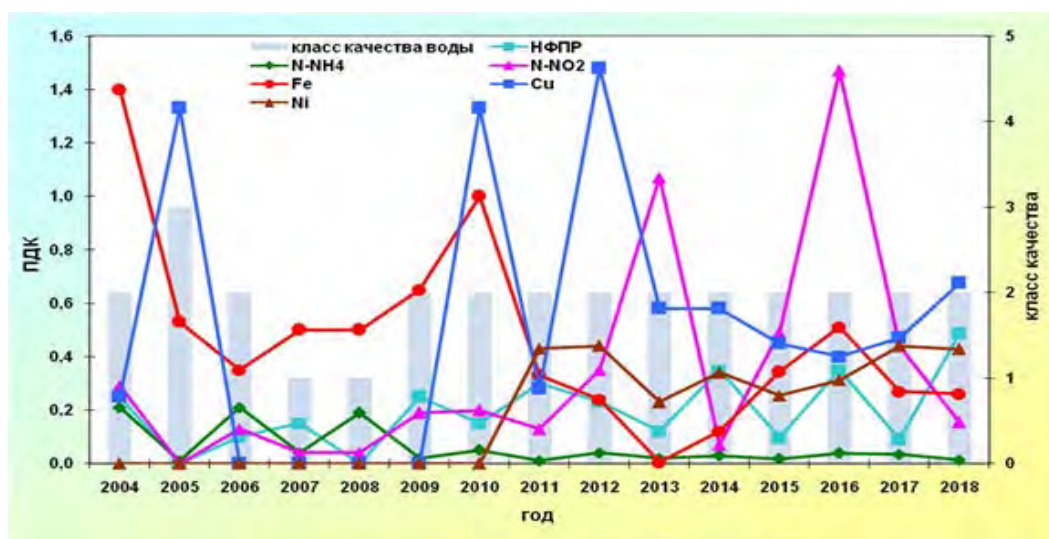


Рис. 3.2.5 Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Лена, р.п. Качуг в многолетнем плане.

В створе г. Усть-Кут качество воды в течение 2014-2018 гг. сохранилось неизменным и характеризуется как «слабо загрязненная» вода. В 2017 г. среднегодовые концентрации соединений железа, меди, никеля, аммонийного азота, в воде реки не превышали 1 ПДК, среднегодовое содержание нитритного азота и нефтепродуктов превысило 1 ПДК. (рис. 3.2.6).

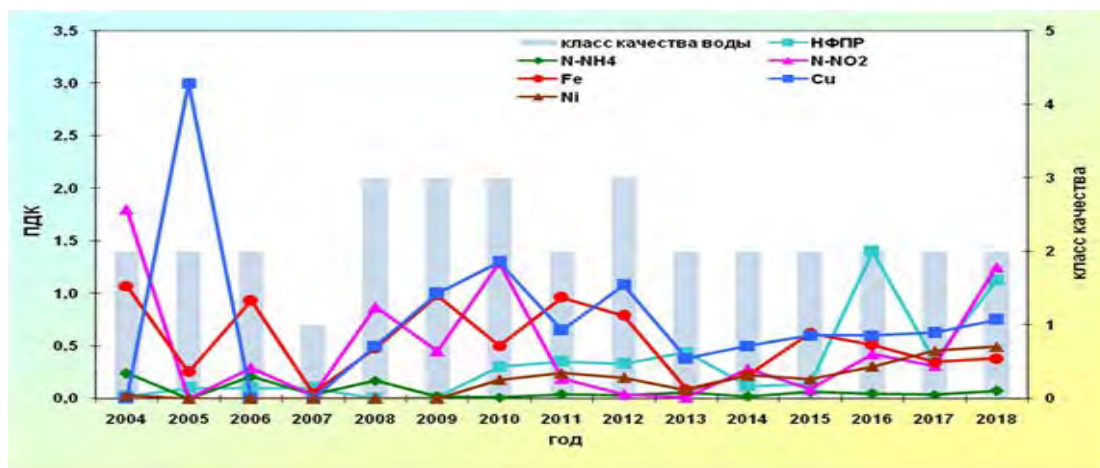


Рис. 3.2.6 Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Лена, г. Усть-Кут

Бассейн Тихого океана

Реки о. Сахалин. В 2018 г. наблюдения проводились на участках р. Рогатка в створе выше плотины водопровода г. Южно-Сахалинск, р. Правда, 0,5 км выше п. Правда. Организованный сброс сточных вод, как и в прежние годы, в эти реки отсутствовал.

Река Рогатка, левый приток р. Красносельская, в течение длительного периода наблюдений вода оценивается как «слабо загрязненная». В 2018 г. содержание взвешенных веществ не превышало 17,0 мг/л, минерализация в среднем составляла 58,6 мг/л. Содержание в воде реки соединений железа, цинка, свинца, кадмия, соединений азота, органических веществ (по БПК₅ и ХПК), фосфатов практически не изменилось и колебалось в пределах невысоких значений (рис 3.2.7).

При этом практически ежегодно отмечается повышенное содержание соединений меди, составившее в 2018 г. в среднем 6 ПДК.

Качество воды **реки Правда** в течение восьми последних лет характеризовалось как «слабо загрязненная». В 2018 г., как и в предыдущие годы, в воде не было зафиксировано содержание фенолов, фосфатов, АСПАВ, соединений никеля, свинца, кадмия, цинка. В последние годы отмечается тенденция снижения концентраций в воде соединений железа (рис. 3.2.8). В то же время сохраняется неизменной тенденция некоторого роста загрязненности воды соединениями меди, среднегодовая концентрация которых в 2018 г. составила 6 ПДК.

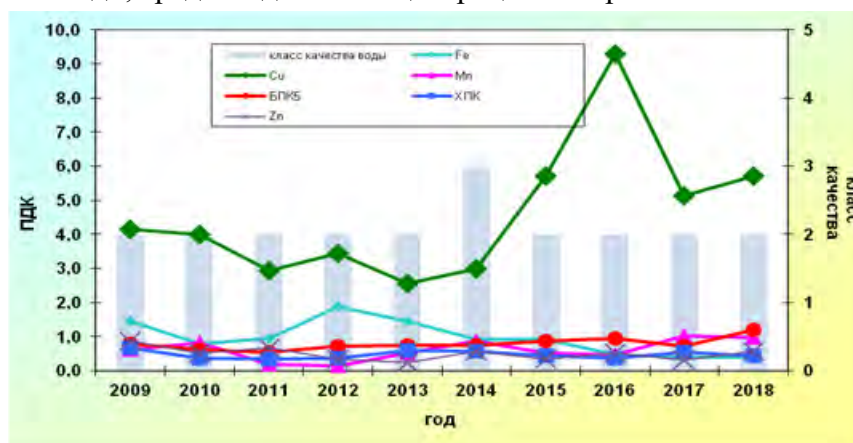


Рис. 3.2.7 Изменение класса качества и среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и показателей качества воды р. Рогатка в створе выше г. Южно-Сахалинск в многолетнем плане

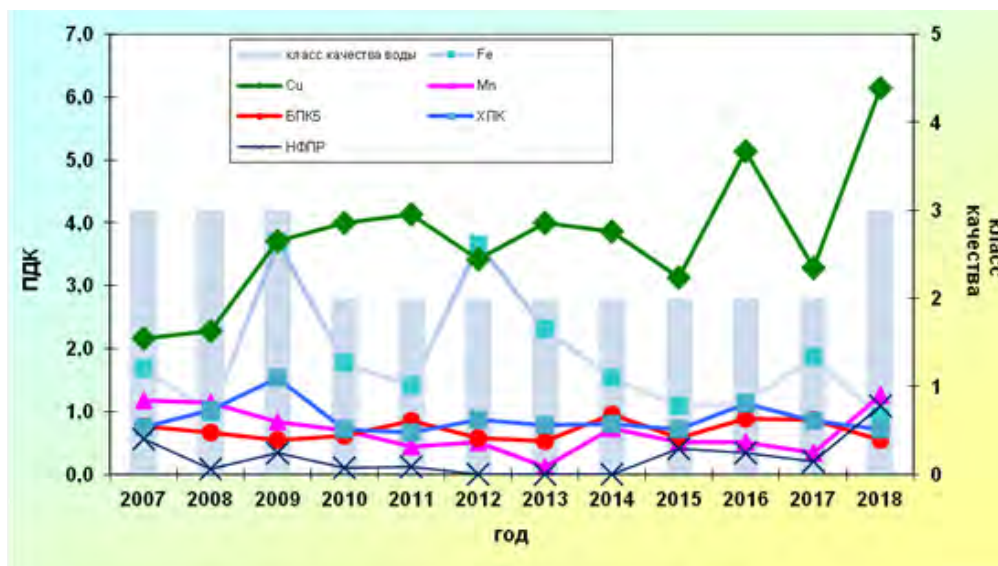


Рис. 3.2.8 . Изменение класса качества и среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и показателей качества воды р. Правда в створе выше п. Правда в многолетнем плане

Полуостров Камчатка. В 2018 г. наблюдения проводились в фоновых створах р. Камчатка, 0,8 км к северу от с. Пушино; р. Берш, 2,5 км к западу от с. Пушино; р. Большая (Быстрая) выше с. Малки, где организованный сброс сточных вод в реки отсутствует. По качеству вода этих рек в течение последних 15 лет оценивалась как «загрязненная» или «слабо загрязненная».

Река Камчатка в 2018 г., как и в предыдущие годы, характеризовалась как «слабо загрязненная». Из 21 ингредиента и показателя качества воды лишь по двум-трем эпизодически наблюдалось незначительное нарушение нормативных требований к их содержанию в поверхностных водах.

В течение года в отдельных пробах наблюдалось невысокое загрязнение воды реки соединениями металлов, что характерно для поверхностных вод полуострова и обусловлено, в основном, природными факторами химического состава поверхностных вод суши. Так, в единичных случаях в воде наблюдалось незначительное превышение ПДК соединений цинка при среднегодовых значениях, соответствующих пределам нормы. В 50% наблюдалось повышенное, в среднем до 2 ПДК, содержание в воде р. Камчатка в пункте с. Пушино соединений меди. Концентрации соединений азота, органических веществ (по БПК₅ и ХПК), железа, свинца, кадмия, фосфатов, АСПАВ в течение года не превышали 1 ПДК. По сравнению с двумя предыдущими годами в 2 раза, в среднем до 2 ПДК, снизилась загрязненность воды р. Камчатка в пункте 0,8 км к северу от с. Пушино нефтепродуктами.

Река Берш к западу от с. Пушино на фоновом участке 0,2 км выше впадения р. Кашкан по содержанию в воде комплекса загрязняющих веществ в 2018 г. по-прежнему характеризовалась как «загрязненная» (рис. 3.2.9).

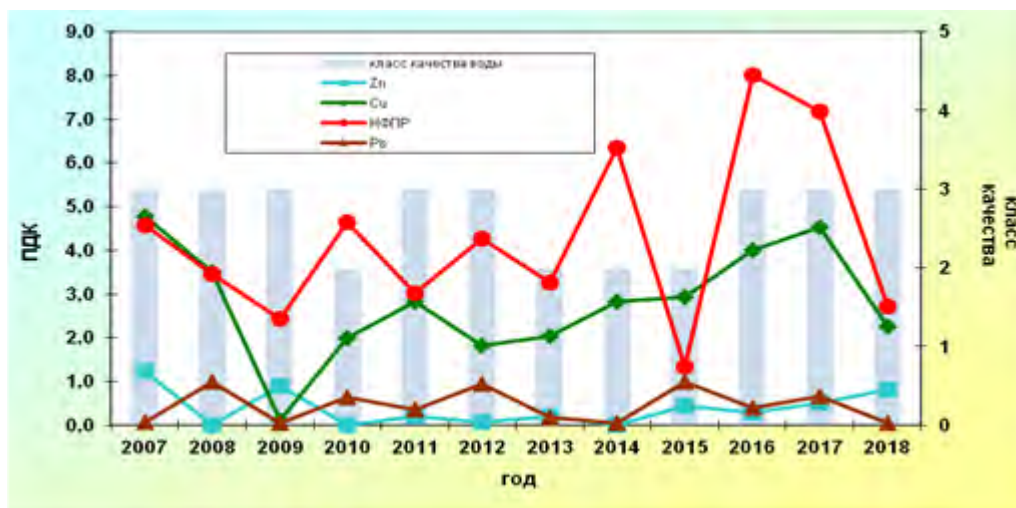


Рис. 3.2.9 Изменение класса качества и среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и показателей качества воды р. Берш в пункте с. Пущино в многолетнем плане

В 2018 г. существенно, более чем в 3 раза - до 2,7 ПДК (в 2017 г. - 7 ПДК) уменьшился уровень концентраций в воде нефтепродуктов, в 2 раза - до 2 ПДК соединений меди. Частота обнаружения концентраций выше 1 ПДК нефтепродуктов сохранилась при этом высокой, соединений меди существенно снизилась. Сохранилось низким, как и в предыдущие годы, содержание в воде реки аммонийного и нитритного азота, фосфатов, органических веществ (по БПК₅ и ХПК), соединений железа и цинка.

Река Большая (Быстрая) в фоновом створе выше с. Малки отличалась в 2018 г. отсутствием загрязненности воды соединениями азота, фосфатов, органическими веществами (по БПК₅ и ХПК), АСПАВ. Минерализация воды варьировала в течение года в диапазоне 47,0-86,1 мг/л. Несколько снизились и в среднем не превышали 2 ПДК концентрации в воде реки соединений меди и нефтепродуктов. Заметно возросло содержание фенолов, особенно на пике половодья. По качеству вода р. Большая (Быстрая), 0,5 км выше с. Малки в течение 2015-2018 гг. характеризовалась как «загрязненная».

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

В районах расположения станций 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 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, бассейн 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 и 2-м Периодическом отчете о состоянии кислотных выпадений в Восточной Азии (2011, <https://www.eanet.asia/resources/publications/>).

В 2018 году в воде реки Комаровка продолжалось наблюдаться повышенное содержание кислотообразующих соединений и макроионов по сравнению со средними многолетними значениями. Для реки Переемная существенных отличий уровня содержания этих веществ от средних многолетних показателей не было выявлено (Табл. 3.3.1).

Таблица 3.3.1. Средние многолетние концентрации основных ионов и диапазон их изменений в поверхностных водах водотоков в районах станций ЕАНЕТ в 2007-2018 гг.

Вещество (измеряемое соединение)	р. Комаровка (Приморье)			р. Переемная (бассейн оз. Байкал)		
	Среднее		Диапазон измерений (2007-2018)	Среднее		Диапазон измерений (2007-2018)
	многолетнее	2018 г		многолетнее	2018 г	
pH	7,02	7,00	6,50 - 7,45	6,75	6,71	6,41 - 7,21
SO ₄ ²⁻ , мг/л	11,80	12,78	3,57 - 16,27	10,99	11,17	6,37 - 15,44
NO ₃ ⁻ , мг/л	1,88	3,72	0,10 - 6,15	0,73	0,74	0,18 - 1,30
NH ₄ ⁺ , мг/л	0,19	0,08	0,01 - 1,03	0,03	0,01	нпо - 0,25
Ca ²⁺ , мг/л	8,49	9,19	6,40 - 11,47	4,75	4,43	2,97 - 6,32
Mg ²⁺ , мг/л	2,23	2,55	1,47 - 3,30	0,88	0,80	0,50 - 1,34
NO ₂ ⁻ , мг/л	0,03	0,01	нпо - 0,12	0,002	0,004	нпо - 0,012

нпо – результаты измерения ниже предела обнаружения, установленного методиками наблюдений.

Кислотность поверхностных вод

За весь период наблюдений среднегодовые значения величины pH воды в р. Переемной изменялись от 6,5 до 6,9, при среднем многолетнем 6,75 и вариациях измерений от 6,4 до 7,2 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 2018 году наблюдается увеличение уровня кислотности, значения колебались от 6,9 до 7,2 ед. pH. Среднее за год составило 7,0, что выше, чем в предыдущие два года, но все еще ниже многолетнего среднего значения.

Для р. Комаровки не наблюдается значительных различий величины pH между сезонами и выраженного многолетнего внутригодового хода значений: среднее значение для сезонов со-

ставляет $7,0 \pm 0,1$ ед. pH. Тем не менее, как правило, для весны характерно некоторое снижение до 6,9 ед. pH и поднятие осенью до 7,1.

По результатам наблюдений за 2007-2018 гг. продолжают отмеченные ранее тенденции: выраженный рост кислотности воды в р. Комаровка, и в среднем примерно одинаковый уровень и вариации значений для р. Переемная (рис.3.3.1). Для надежного определения количественных характеристик долговременных изменений кислотности продолжается накопление длительных рядов измерений, а также поиск методов специализированных детальных расчетов.

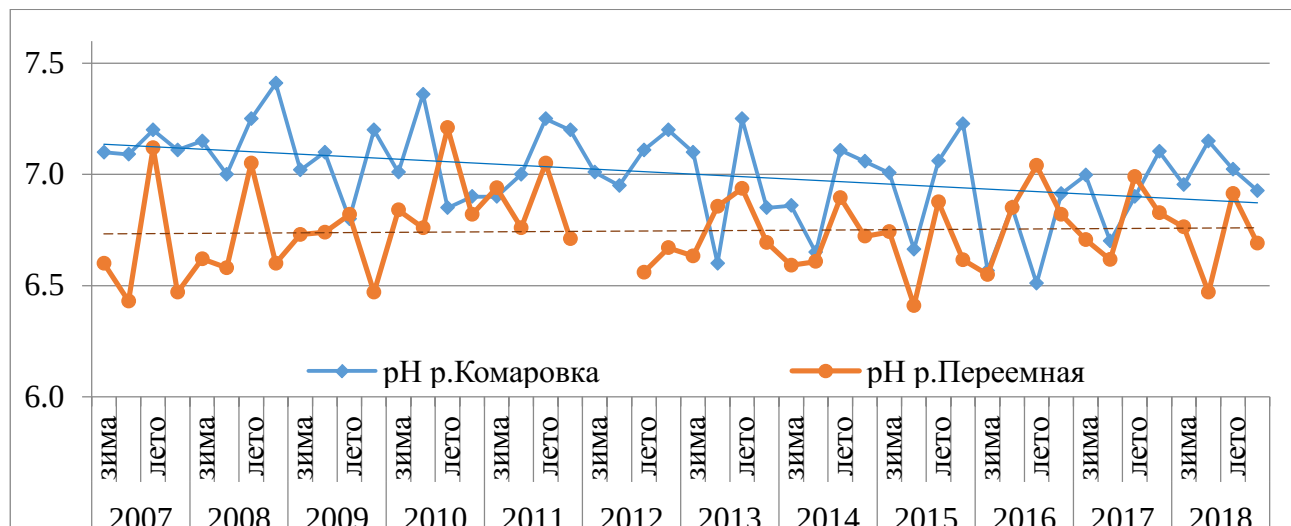


Рис.3.3.1 Тенденции изменения pH в поверхностных водах на станциях ЕАНЕТ в Приморье и в районе оз. Байкал.

Содержание сульфатов

В 2018 году среднегодовое содержание сульфатов в воде р. Комаровка составило 12,8 мг/л, при этом в течение года значения изменялись от 10,6 до 15,6 мг/л. Для р. Переемная среднегодовая концентрация близка к среднему многолетнему значению и составила 11,2 мг/л (Таблица 3.3.1), интервал изменений также оставался на уровне характерных значений - от 7,7 до 12,6 мг/л.

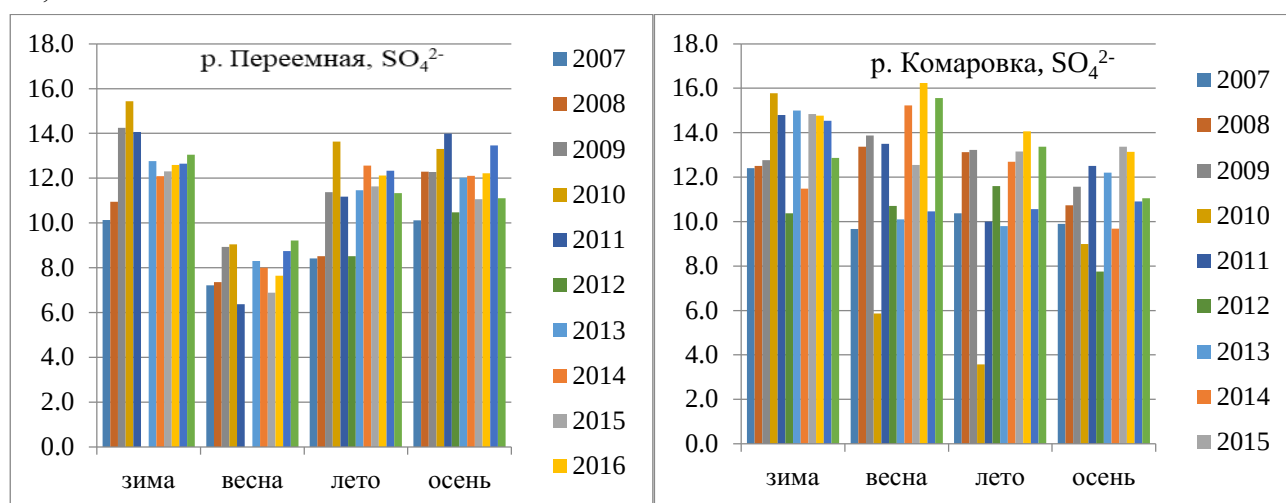


Рис.3.3.2 Сезонные изменения концентраций сульфатов (мг/л) в водах р. Переемная (слева) и р. Комаровка (справа) в 2007-2018 гг.

В годовом ходе концентраций для р. Комаровка отсутствуют повторяющиеся ежегодно

сезоны с минимальным значением, тогда как для р. Переемной можно отметить выраженное уменьшение концентраций в весенние месяцы. За весь период 2007-2018 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 16,27 для реки Комаровка (в весенний период 2016 года) и 15,44 мг/л для реки Переемная (в весенний период 2010 года) (рис. 3.3.3).

Содержание нитратов

В 2018 году среднегодовое содержание нитратов для р. Комаровка осталось примерно на прежнем уровне и составило 3,72 мг/л, что чуть менее, чем в два раза выше уровня среднеголетних значений. Для р. Переемная значительных изменений также не отмечено. В целом, интервал изменений измеренного содержания нитратов в р. Комаровка составляет от 0,10 мг/л до 6,15 мг/л, что значительно больше, чем для р. Переемная (от 0,18 до 1,30 мг/л), а средние многолетние значения составляют 1,88 и 0,73 мг/л, соответственно. В годовом ходе для р. Переемная явно прослеживается закономерность снижения концентрации в летне-осенний период; для р. Комаровка отсутствуют четкие закономерности, тем не менее, в некоторые годы прослеживается снижение содержания нитратов в летний и осенний сезоны (Рис. 3.3.3).

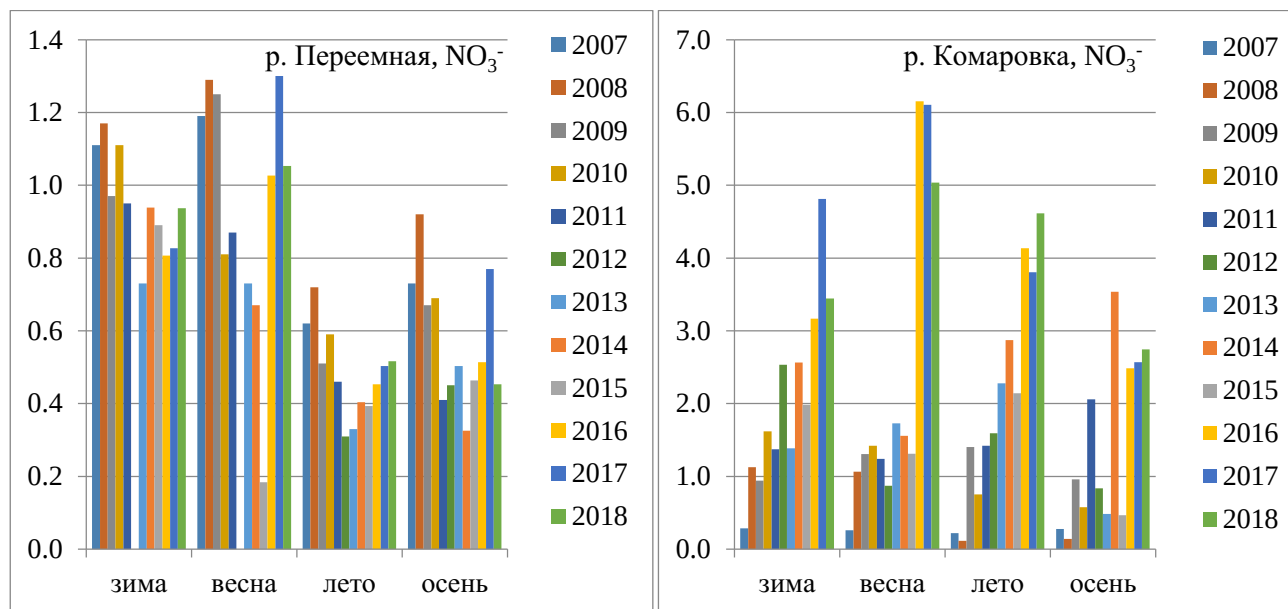


Рис.3.3.3 Внутригодовые изменения концентраций нитратов (мг/л) в р. Переемная (слева) и р. Комаровка (справа) в 2007-2018 гг.

По результатам измерений в 2007-2018 гг. для р. Переемная отмечается тенденция снижения содержания нитратов. Для р. Комаровки наблюдается повышение содержания нитратов в воде, однако статистически обоснованная зависимость пролеживается слабо (рис.3.3.4).

Основные катионы

Среднее содержание ионов кальция, являющегося преобладающим из катионов, для р. Комаровка в 2018 году составило 9,19 мг/л, при среднем многолетнем 8,49 мг/л. Содержание магния незначительно повысилось, составив 2,55 мг/л. Для р. Переемная, содержание кальция и магния остались в пределах многолетних колебаний. В целом, уровни концентраций ионов кальция и магния в воде р. Комаровка значительно выше, чем в р. Переемная.

Среднегодовое содержание ионов кальция в воде р. Комаровка в 2018 году было несколько выше, чем в предыдущие за годы наблюдений, из-за более высоких концентраций в летний и осенний периоды (Рис. 3.3.5). Среднегодовое содержание кальция в воде р. Переемная в 2016 г. было характерным для последних лет и составило 4,89 мг/л при колебаниях концентраций в течение года от 3,89 мг/л до 5,33 мг/л.

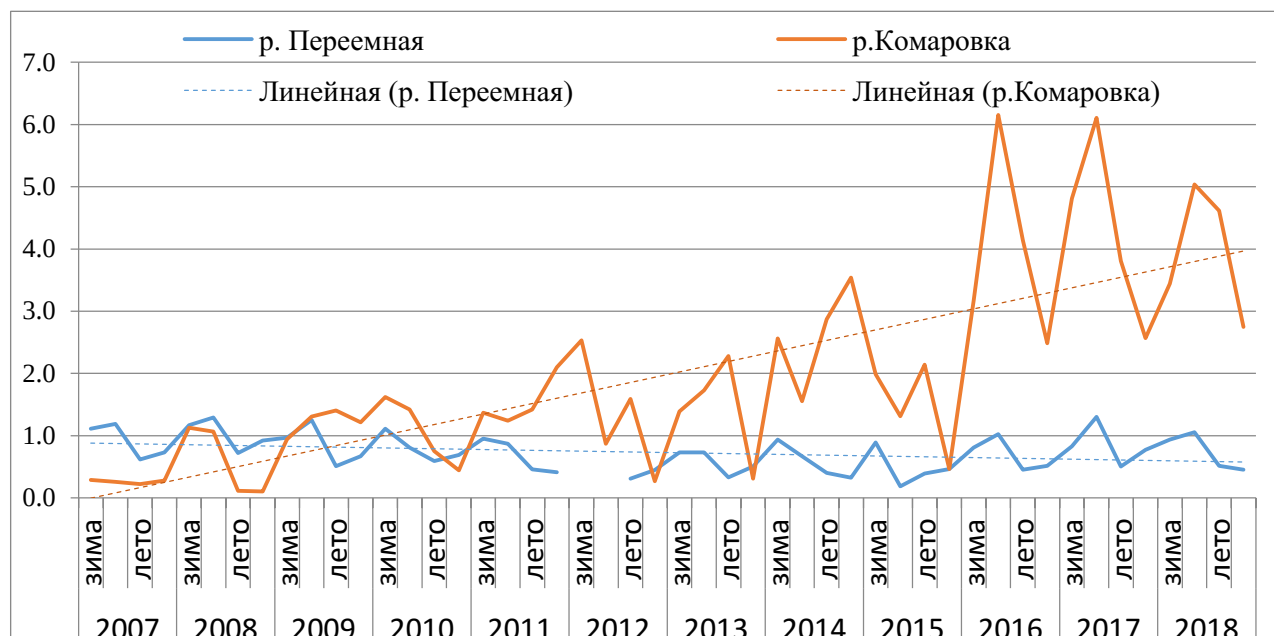


Рис.3.3.4 Тенденции изменения концентраций нитратов (мг/л) в поверхностных водах на станциях ЕАНЕТ в Приморье (р. Комаровка) и в районе оз. Байкал (р. Переемная).

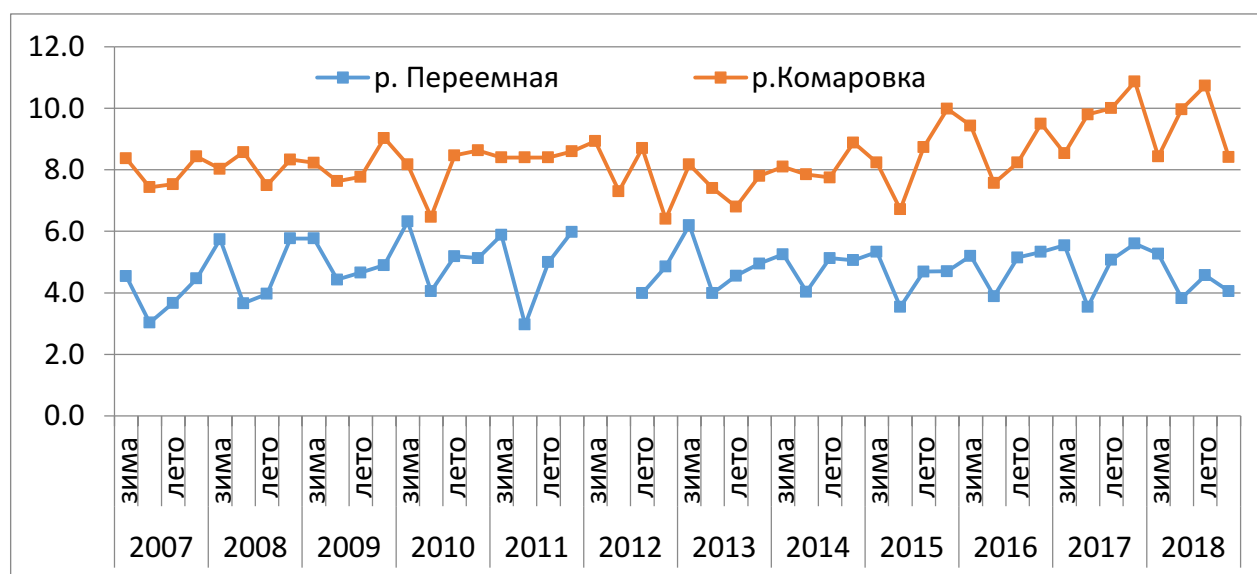


Рис.3.3.5 Изменения концентраций кальция (мг/л) в поверхностных водах на станциях ЕАНЕТ в Приморье (р. Комаровка) и в районе оз. Байкал

Содержание ионов магния в водах р. Комаровки в 2018 году поднялось до 2,55 мг/л, немного выше среднего многолетнего, при внутригодовых колебаниях концентраций от 1,77 мг/л до 3,30 мг/л. Среднегодовое содержание ионов магния в воде р. Переемная было характерным для уровней последних лет и составило 0,80 мг/л, при минимальном содержании 0,69 мг/л в весенний период (Рис. 3.3.6). В целом, содержание ионов магния в 2018 году существенно не

отличалось или незначительно отличалось от многолетних уровней.

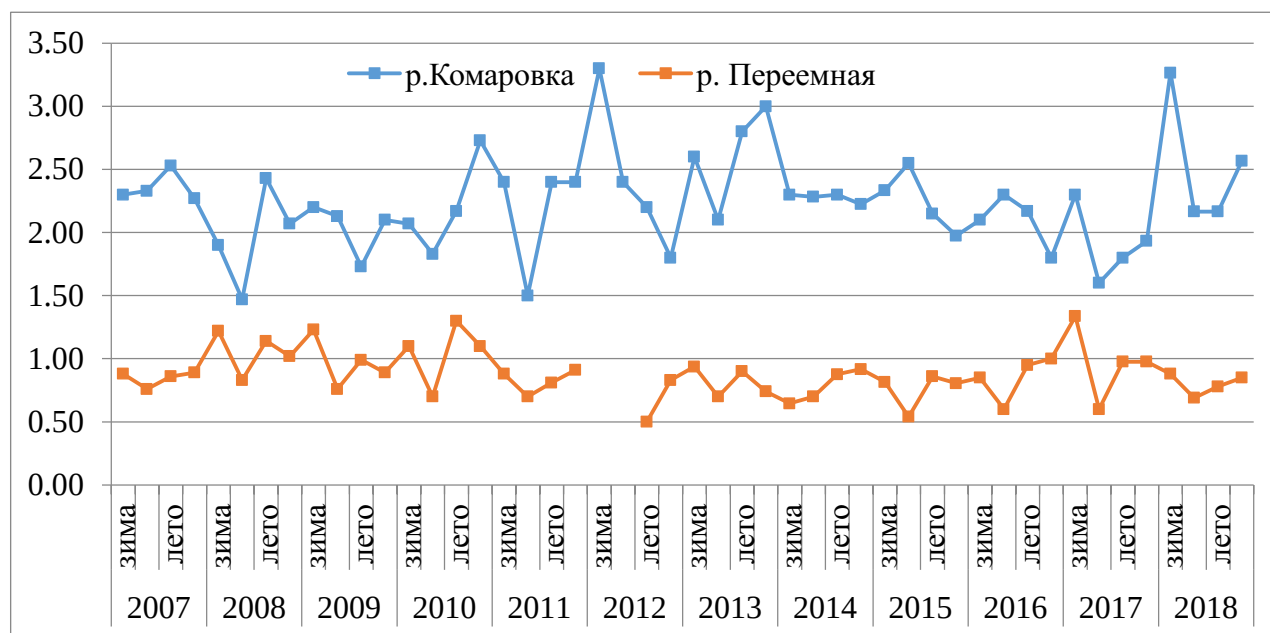


Рис.3.3.6 Изменения концентраций магния (мг/л) в поверхностных водах на станциях ЕАНЕТ в Приморье (р. Комаровка) и в районе оз. Байкал

Содержание аммония в водах р. Переемная в 2018 году было ниже среднего многолетнего и в разные сезоны находилось практически на одном уровне, с несколько более низким содержанием в летний период (Рис. 3.3.7).

В водах р. Комаровка среднегодовое значение концентраций NH_4^+ было ниже, чем за последние годы.

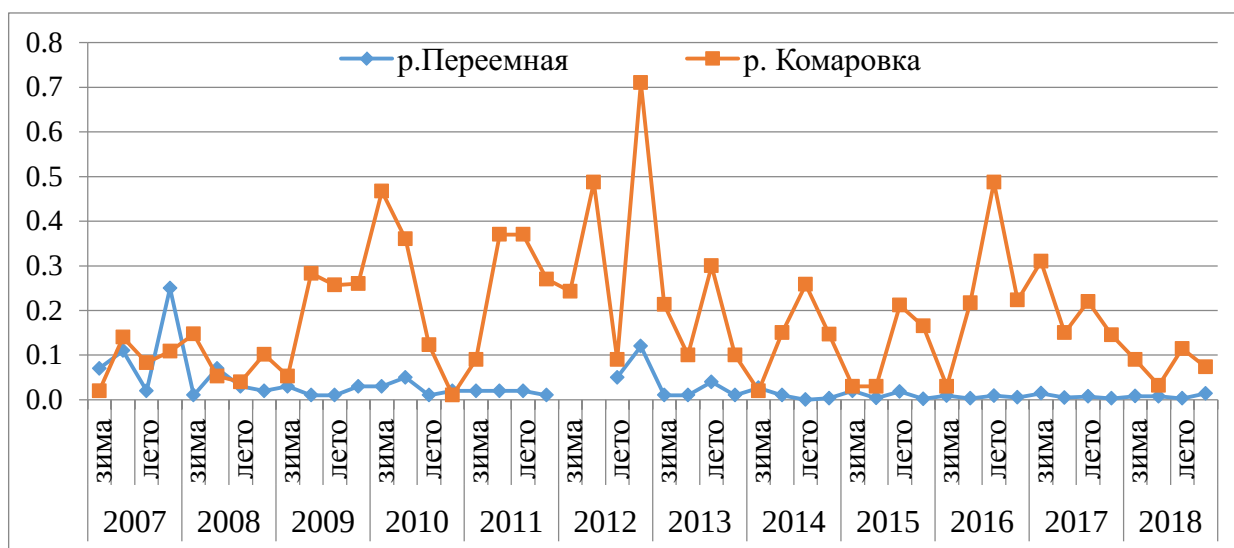


Рис.3.3.7 Изменения концентраций аммония (мг/л) в поверхностных водах на станциях ЕАНЕТ в Приморье (р. Комаровка) и в районе оз. Байкал

Соотношения основных анионов и катионов

При анализе совмещенных годовых ходов концентраций кальция и сульфатов можно отметить, что колебания содержания кальция в р. Комаровка (в Приморье) по данным наблюдений относительно малы (кроме редких случаев, например, уменьшения в апреле 2015 г.), в отличие от сульфатов. Содержание сульфатов в целом более высокое, чем кальция. Отмеченная

тенденция не была нарушена в 2018 г. Как отмечалось ранее, уровень концентраций нитратов в водах реки существенно ниже концентраций кальция и сульфатов.

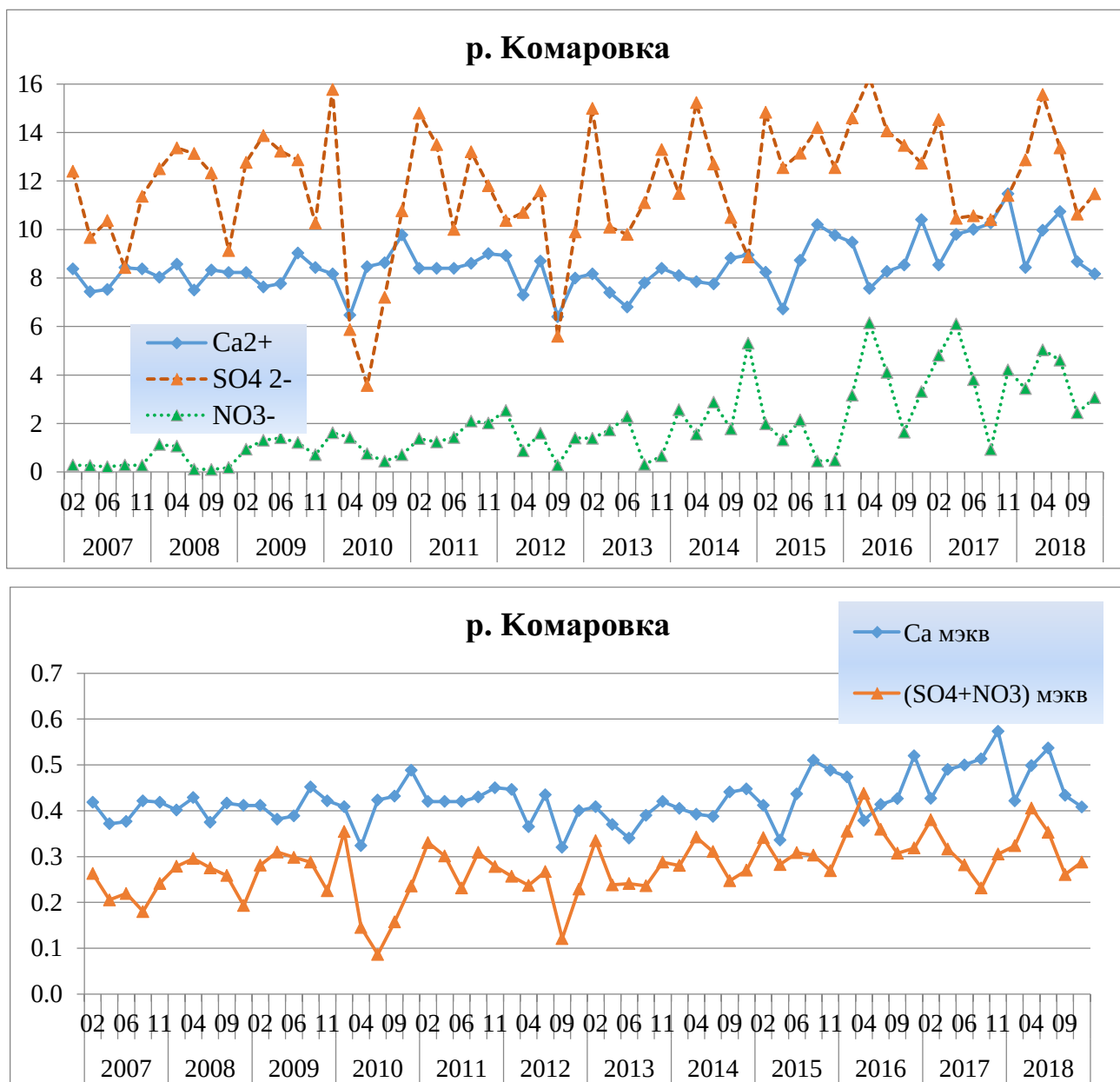


Рис.3.3.8 Тренды согласованного изменения сульфатов, нитратов и кальция (верхний, мг/л) и их эквивалентов (нижний, мэкв/л) в поверхностных водах на станции ЕАНЕТ Приморская в 2007-2018 гг.

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 редким исключением, например, резкое увеличение содержания суммы главных анионов в апреле 2016 г. и уменьшение суммы анионов летом 2017 г.). Для р. Комаровка содержание кальция (в эквивалентных единицах) практически всегда примерно в полтора раза выше, чем общее содержание сульфатов и нитратов, что обеспечивает близкий к нейтральному pH поверхностных вод в малых реках Приморья (Рис. 3.3.8), хотя отмечающаяся тенденция роста кислотности воды указывает на снижение потенциала нейтрализации поверхностных вод.

Как и в предыдущие годы, в 2018 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 2018 года отношение кальция к сумме ионов сульфатов и нитратов (в экв) составляло чуть больше 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.

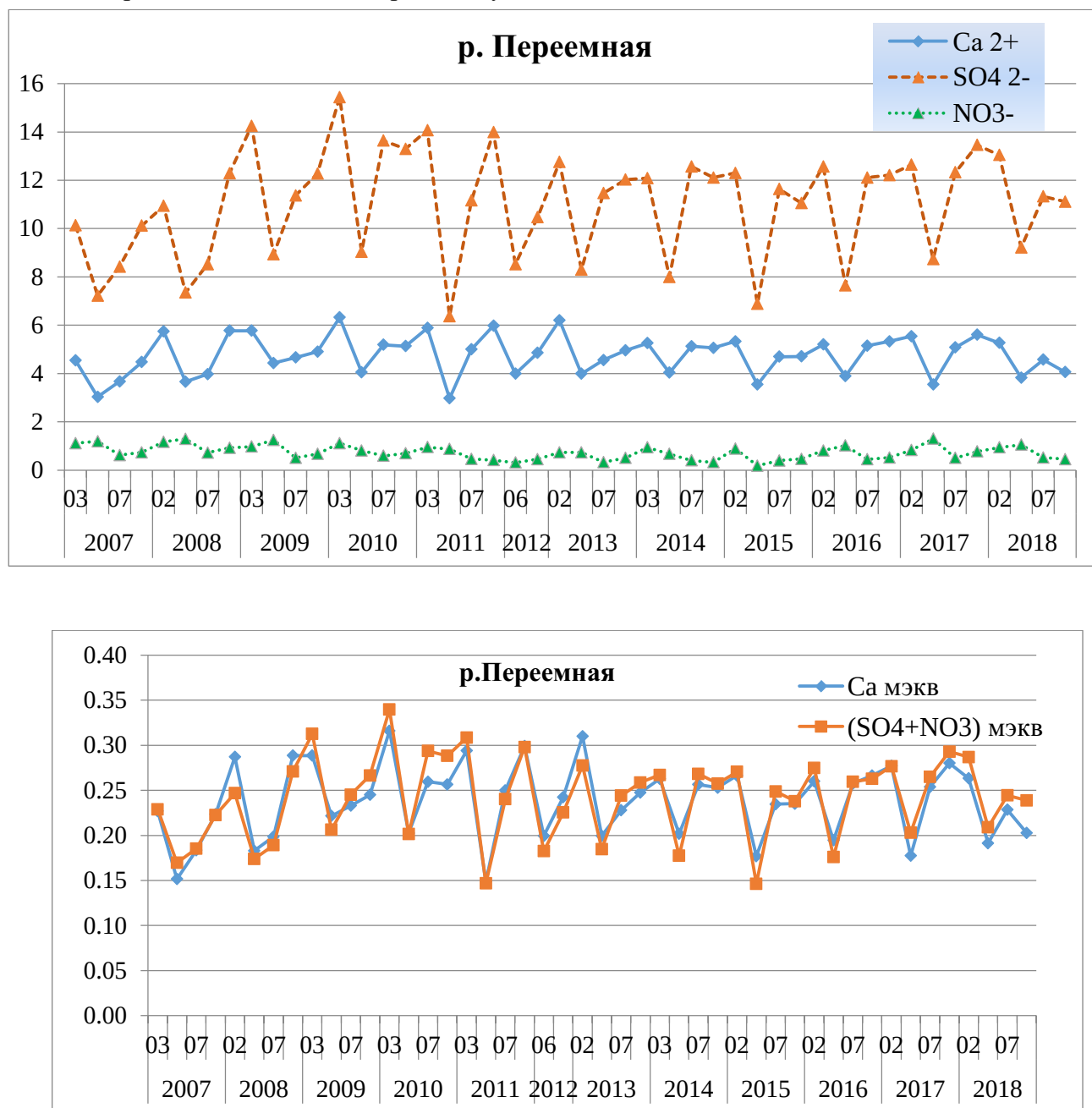


Рис.3.3.9 Тренды согласованного изменения сульфатов, нитратов и кальция (верхний, мг/л) и их эквивалентов (нижний, мэкв/л) в поверхностных водах р. Переемная в 2007-2018 гг.

В целом по результатам фоновых наблюдений за содержанием химических веществ в поверхностных водах в районах станций сети EANET, в последний год не наблюдалось увеличение содержания основных ионов (SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , Ca^{2+}) и кислотности для р. Комаровка

(Приморье). Для р. Переемная уровни основных ионов в течение последних 9 лет в целом сохраняются стабильными.

3.4. Фоновое состояние пресноводных экосистем по гидробиологическим показателям

Выбор станций фонового гидробиологического мониторинга поверхностных вод суши произведен в соответствии с РД 52.24.309-2016 в районах, удаленных от локальных источников антропогенного воздействия, не подверженных влиянию промышленных и хозяйственных стоков. В 2018 году фоновые гидробиологические наблюдения осуществляли на 12 водных объектах, которые соответствуют концепции фоновых участков, из них 6 участков расположены на территории 4 государственных природных, в том числе биосферных заповедников и их охранных зонах (Жигулевский, Лапландский БЗ, Приокско-Тerrasный БЗ, Усть-Ленский).

Баренцевский гидрографический район

Наблюдения в 2018 г. проводило Мурманское УГМС на фоновых участках 5 водных объектов: 4 рек и 1 озеро.

Бассейн реки Туломы: р. Лотта (п. Светлый, устье). Качественный состав фитопланктона отличался высоким разнообразием, в 2018 году встречено 45 видов (в 2017 г. – 53, в 2016 г. – 33, в 2015 г. – 48, в 2014 г. – 38, в 2013 г. – 28). По числу видов преобладали диатомовые водоросли – 19 видов, золотистых встречено 7, харовых и зеленых – по 6, синезеленых – 5, динофитовых – 2. Общая численность находилась в пределах 0,63-1,55 тыс.кл/мл. Максимальная биомасса в сентябре составляла 0,71 мг/л. В июне более 28% всей численности составили золотистые *Dinobryon sertularia*. В конце вегетации доминировали синезеленые – мелкие колонии *Snowella lacustris* составляли более 50% численности и биомассы водорослей (в 2017 году доля синезеленых не превышала 36%). ИС изменялся в узких пределах 1,25-1,28.

В составе зоопланктона реки встречено 18 видов (в 2017 г. – 14), из них 10 принадлежало коловраткам, 6 – ветвистоусым и 2 – веслоногим ракам. Общая численность организмов составляла 0,60 тыс.экз/м³, максимальная биомасса достигала 10,71 мг/м³. Полученные количественные характеристики выше последних лет наблюдений (в 2012-15 гг.). По численности преобладали коловратки, наиболее часто встречаемый вид-индикатор *Kellicottia longispina* достигал 25% ОЧ. Более 63% общей биомассы составили кладоцеры, крупные *Simocephalus vetulus* (олиго-β) занимали 44% ОБ.

Среднегодовые значения ИС и БИ в 2007-2018 гг., а также принадлежность вод к классам качества по различным показателям представлены на рисунках 3.4.1, 3.4.2.

В составе зообентоса реки встречено 7 видов, 3 из которых принадлежали олигохетам, а 4 – хирономидам. В июне значение общей численности - 0,45 тыс.экз/м², биомассы – 0,50 г/м². Полученные количественные характеристики ниже прошлогодних. Анализ качественного состава выявил устойчивые к загрязнению индикаторы: *Polypedilum scalaenum* (βα), *Stictochironomus crassiforceps* (α) и *Tubifex tubifex* (ρ).

Качество воды в реке по показателям фитопланктона и зоопланктона остаются неизменными последние 10 лет. Экосистема реки находится в состоянии экологического благополучия с элементами экологического напряжения.

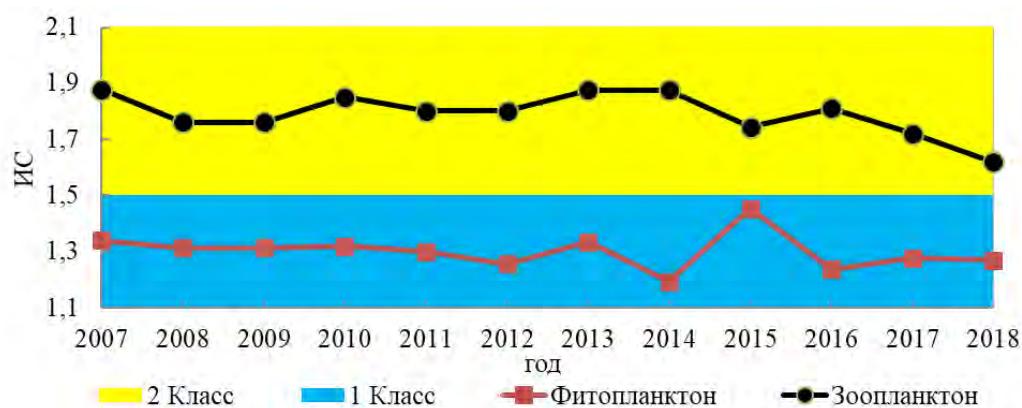


Рис.3.4.1. Значение ИС в 2007-2018 гг., р. Лотта.

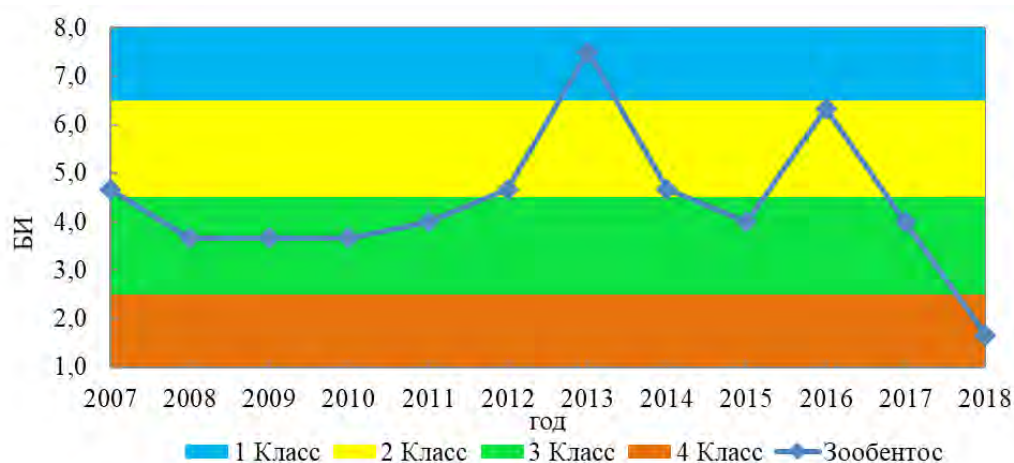


Рис.3.4.2. Значение БИ в 2007-2018 гг., р. Лотта.

Бассейн реки Колы: р. Кица (ст. Лопарская, устье). Видовой состав фитопланктона включал 26 видов (в 2017 году – 33, в 2016 г. – 37, в 2015 г. – 48, в 2014 г. – 50), по количеству видов преобладали представители отдела Bacillariophyta – 15, Charophyta встречено 4, Chlorophyta – 3, Cyanophyta – 2, Chrysophyta и Euglenophyta – по 1-му. Количественные характеристики близки прошлогодним значениям – общая численность варьировала от 0,25 до 0,78 тыс.кл/мл, а биомасса не превышала 0,82 мг/л. Доминировал диатомовый комплекс. ИС – 1,06.

В составе бентофауны реки встречено 3 вида, принадлежащих к трем группам: личинки комара звонца - *Potthastia gaedii*, олигохетам - *Limnodrilus hoffmeisteri* (р) и брюхоногим моллюскам - *Planorbarius corneus* (β). Общая численность составляла 0,30 тыс.экз/м², биомасса достигала 1,10 г/м². Количественные показатели близки прошлогодним.

Среднегодовые значения ИС и БИ в 2007-2018 гг., а также принадлежность вод к классам качества по различным показателям представлены на рисунках 3.4.3, 3.4.4.

Лапландский биосферный заповедник. На территории биосферного заповедника находится озеро Чунозеро, а также река Витте – на границе заповедника. Организованного сброса в эти водные объекты нет. Гидробиологические наблюдения на створах за пределами границ заповедника проводились с июня по сентябрь.

Бассейн реки Нивы: р. Вите (устье). Гидробиологические наблюдения на реке проводили в створе с внешней стороны у границы Лапландского биосферного заповедника по показа-

телям фитопланктона, зоопланктона и зообентоса. Пробы фитопланктона и зообентоса отбирали ежемесячно с июня по сентябрь, зоопланктона – в июне и августе.

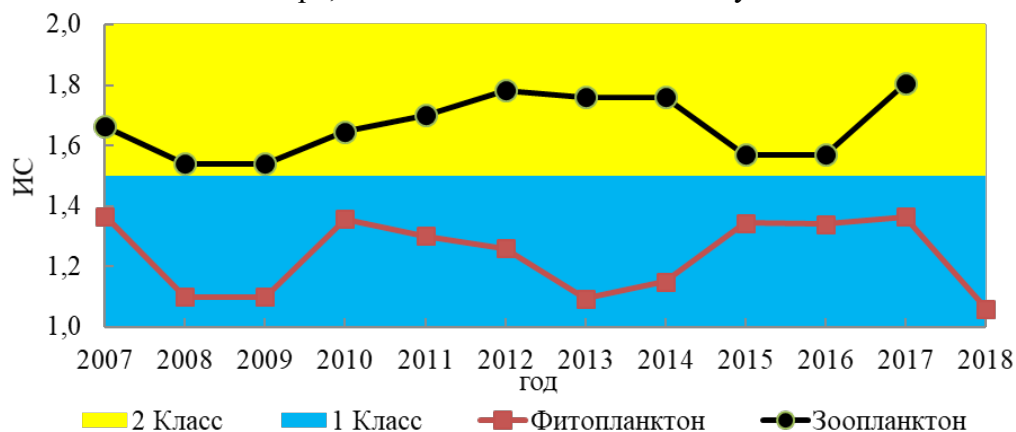


Рис.3.4.3. Значение ИС в 2007-2018 гг., р. Куца.

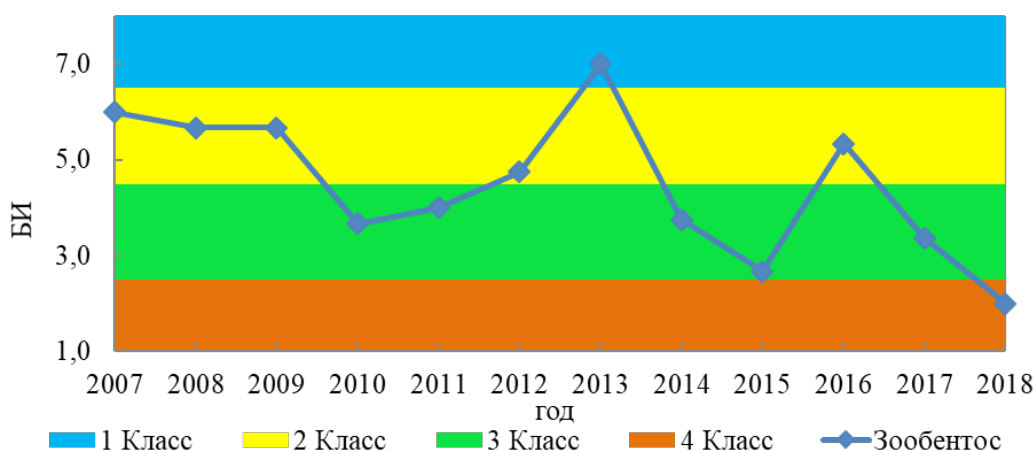


Рис.3.4.4. Значение БИ в 2007-2018 гг., р. Куца.

В составе фитопланктона реки встречено 63 вида (в 2017 году отмечено 49, в 2016 г. – 40, в 2015 г. – 43, в 2014 г. – 49, в 2013 г. – 40), наибольшее количество видов принадлежало диатомовым – 28 и зеленым – 24, динофитовых - встречено 5, золотистых – 4, синезеленых – 2. Общая численность возрастала от 0,27 тыс.кл/мл в июне до 1,57 тыс.кл/мл в июле и снижалась к сентябрю до 0,71 тыс.кл/мл. Максимальная биомасса (3,42 мг/л) и высокое разнообразие (33 вида в пробе) альгофлоры отмечены в июле. В период наблюдений преобладали диатомовые, комплекс из представителей родов *Tabellaria* и *Aulacoseira*, а так же видов *Asterionella formosa* и *Hannaea* (= *Ceratoneis*) *arcus*. Во всех пробах присутствовали индикаторные зигнемовые *Mougeotia div.sp.*, в июле их сумма достигала 34% ОЧ. В августе – синезеленые *Dolichospermum* (= *Anabaena*) *spiroides* достигали 37% ОЧ. Крупные динофитовые *Peridinium bipes* в июне составляли более 30% всей биомассы. ИС 1,05-1,23.

В пробах зоопланктона встречено 24 вида (в 2017 г. – 21). Из них: 13 видов – коловратки, 8 – ветвистоусые и 3 – веслоногие раки. Общая численность организмов находилась в пределах 0,41-18,10 экз/м³, биомасса – 14,19-70,34 мг/м³. Максимальные значения отмечены в августе. Количественные показатели выше 2017 года, что вероятно связано с аномально теплым летом 2018 года. По-прежнему доминировал комплекс коловраток: β -мезосапробов *Polyarthra vulgaris*, *Polyarthra major*, *Asplanchna priodonta*, *Keratella quadrata* и более чувствительных β -о-сапробных индикаторных видов - *Bipalpus hudsoni*, *Kellicottia longispina*. Общую биомассу

планктонной фауны формировали клadoцеры и науплиальные стадии веслоногих раков. Отмечено присутствие олиготрофных ветвистоусых *Camptocercus rectirostris*, *Simocephalus vetulus*, *Alona guttata*, *Alonopsis elongata* *Acantholeberis curvirostris*. ИС практически не изменялся 1,68-1,69.

В составе зообентоса реки встречено 24 вида (в 2017 г. – 18, в 2016 г. – 11), среди них 11 видов комаров-звонцов, 5 – поденок, 4 – малощетиковых червей, 2 – веснянок и 1 вид личинок мошек. Общая численность варьировала от 0,25 до 13,00 тыс.экз/м², максимальная биомасса составляла 47,75 г/м². В июне встречены поденки *Heptagenia* sp. Пик развития бентосного сообщества приходился на июль. В целом количественные характеристики выше прошлогодних. По доле в численности доминировали хирономиды, их доля возрастала от 62% в июле до 91% ОЧ в сентябре. Среди видов-индикаторов встречены: *Diura bicaudata* (χ), *Simulium* sp. (оβ), *Baetis vernus* (β), *Heptagenia flava* (β) и *Tubifex tubifex* (ρ).

Среднегодовые значения ИС и БИ в 2007-2018 гг., а также принадлежность вод к классам качества по различным показателям представлены на рисунках 3.4.5, 3.4.6.

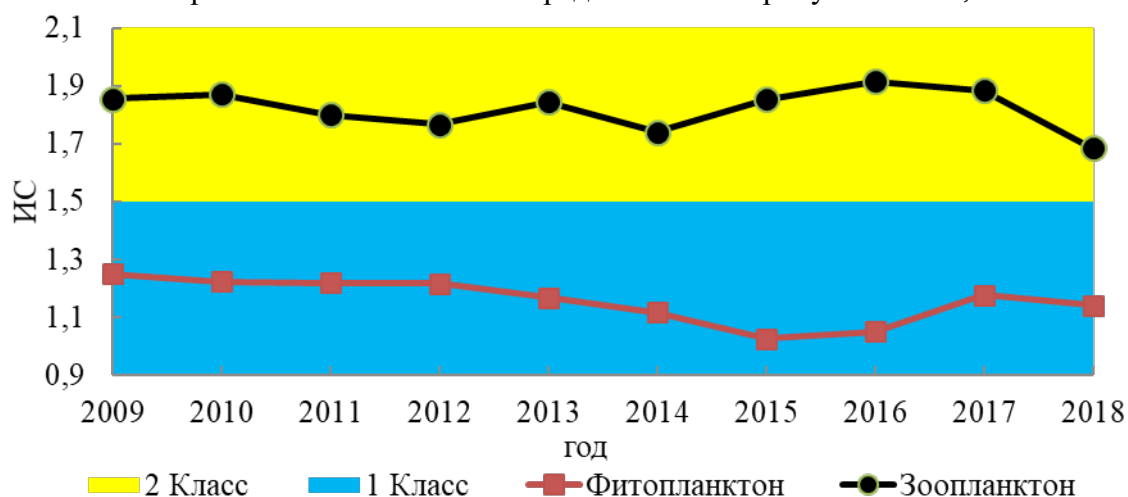


Рис.3.4.5. Значение ИС в 2009-2018 гг., р. Вите.

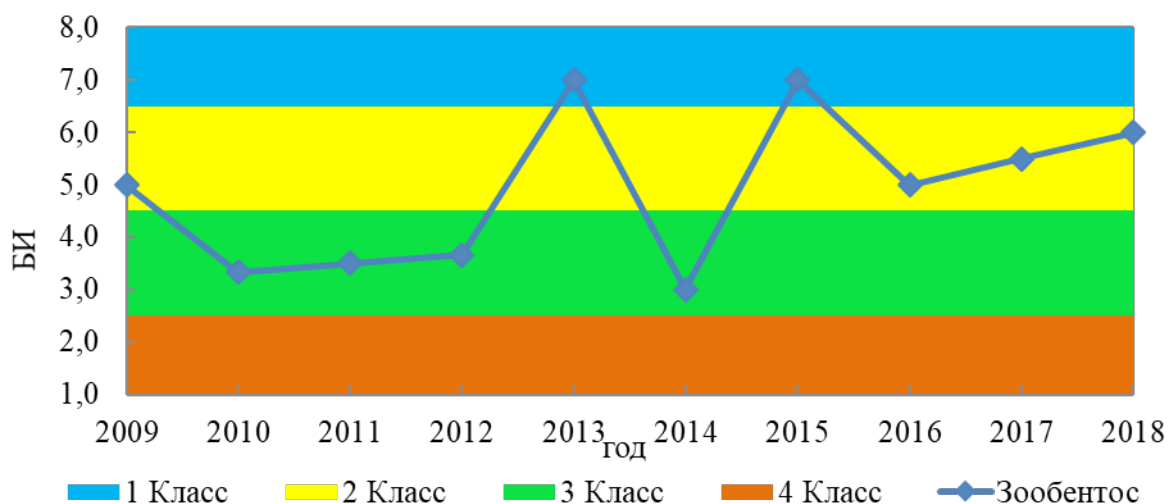


Рис.3.4.6. Значение БИ в 2009-2018 гг., р. Вите.

Исток р. Нижней Чуны из оз. Чунозеро. Пункт наблюдений расположен у границы Лапландского биосферного заповедника, на р. Нижняя Чуна. Наблюдения проводили за состоянием фитопланктона, зоопланктона и зообентоса. Пробы фитопланктона и зообентоса отбирали

ежемесячно с июня по сентябрь, зоопланктона – в июне и августе.

В составе альгофлоры встречено 52 вида (в 2017 г. – 49, в 2016 г. – 42, в 2015 г. – 54, в 2014 г. – 55), которые в систематическом отношении принадлежали: 29 – диатомовым, 13 – зеленым (включая 3 вида Charophyta), 5 – синезеленым, 3 – золотистым и 2 – к динофитовым. Общая численность находилась в пределах 0,57-2,23 тыс.кл/мл. Максимальные значения отмечены в августе при относительно высокой биомассе продуцентов – 4,32 мг/л. Количественные характеристики выше прошлогодних. Диатомовый комплекс доминировал только в июне-июле. В сентябре 39% ОЧ и 29% общей биомассы фитопланктона составляли синезеленые *Snowella lacustris*. ИС 1,21-1,32.

В составе зоопланктона встречено 18 видов (в 2017 г. – 20, в 2016 г. – 13, в 2015 г. – 24, в 2014 г. – 18), из которых: 7 – коловратки, 6 – ветвистоусые и 5 – веслоногие раки. Количественные показатели находились в пределах 0,36-11,34 тыс.экз/м³ (общая численность) и 15,12–148,88 мг/м³ (общая биомасса). Полученные характеристики в 2-3 раза выше прошлогодних значений. По-прежнему основу численности формировали коловратки, биомассу – кладоцеры. В июне олигосапробы *Trichocerca longiseta* составляли 33% ОЧ. В августе доминировали β-о индикаторы *Kellicottia longispina* 75% ОЧ (в 2017 году эти коловратки достигали 54%). ИС изменялся в относительно широких пределах 1,46-1,59, определяя изменения оценок загрязнения вод в течение года, что характерно для экосистем в состоянии антропогенного экологического напряжения.

В составе бентофауны озера встречено 9 видов, из них 5 представителей малощетинковых червей, по 2 вида – хирономид и моллюсков. Общая численность находилась в пределах 0,19–3,60 тыс.экз/м². Биомасса зообентоса в сентябре достигала максимальных значений – 71,60 г/м², это выше максимума прошлого года (в 2017 г. общая биомасса не превышала 3,10 г/м²). Доминировали олигохеты, в июне они составляли 45% общей численности, в сентябре достигали 89% ОЧ, наиболее часто встречались: *Limnodrilus udekemianus*, *L. hoffmeisteri* и *Lumbriculus variegatus*.

Среднегодовые значения ИС и БИ в 2007-2018 гг., а также принадлежность вод к классам качества по различным показателям представлены на рисунках 3.4.7, 3.4.8.

Экосистема озера находится в состоянии от экологического благополучия до антропогенного экологического напряжения.

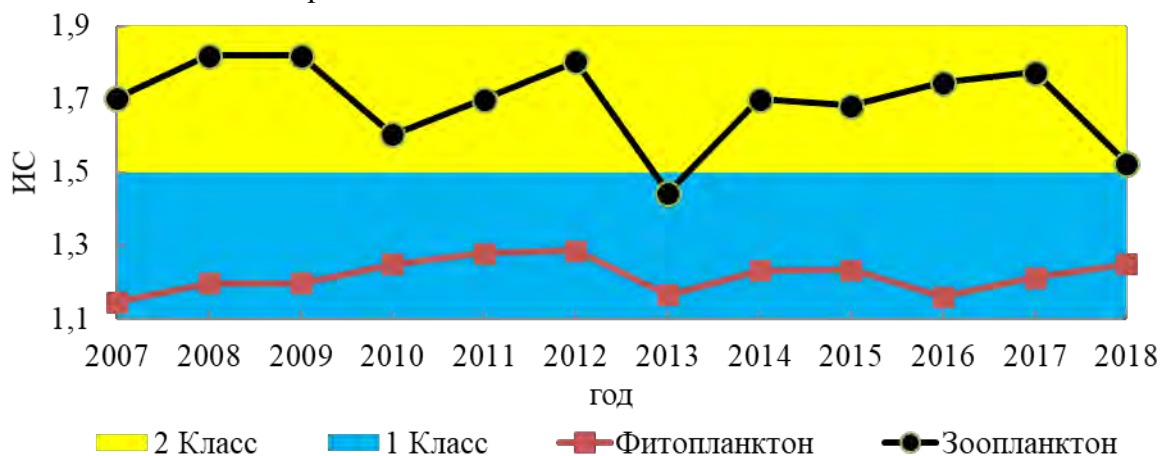


Рис.3.4.7. Значение ИС в 2007-2018 гг., оз. Чунозеро.

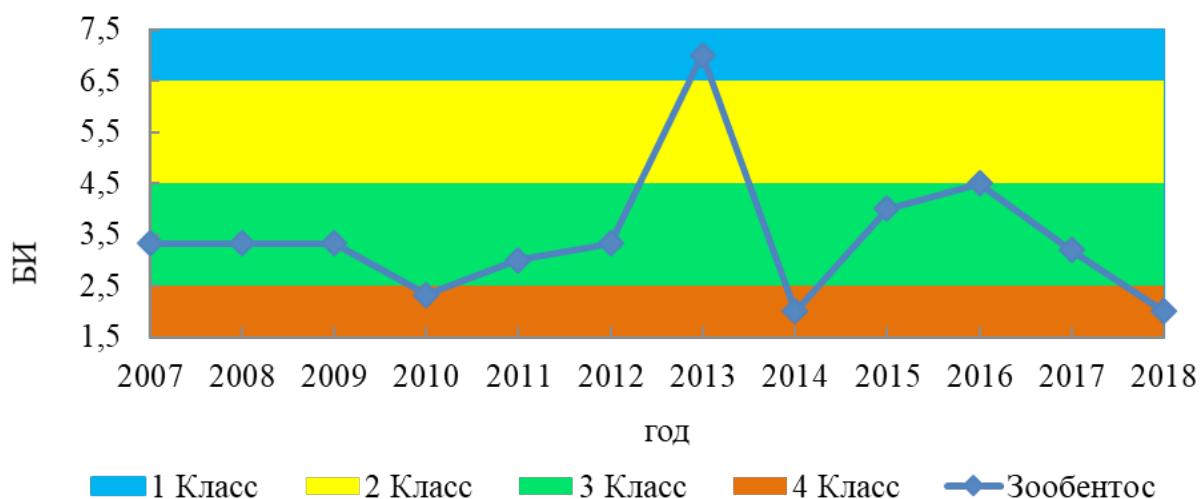


Рис.3.4.8. Значение БИ в 2007-2018 гг., оз. Чунозеро.

Балтийский гидрографический район

Наблюдения в 2018 г. проводило Северо-Западное УГМС на реке Шуя (Республика Карелия) по показателям макрозообентоса.

Бассейн Онежского озера: Река Шуя (нижнее течение и устье). В 2018 г. в составе зообентоса реки встречено 33 вида беспозвоночных (в 2017 г. - 20 видов, в 2016 году – 7 видов, в 2015 г. – 14), относящихся к 10 таксономическим группам. Из них максимального видового разнообразия достигали хирономиды – 8 видов, ручейники, поденки и малощетинковые черви были представлены по 5 видов, моллюски – 3-мя видами. Минимальное видовое богатство характерно для групп: двукрылые и пиявки – по 2 вида, клопы, веснянки и жесткокрылые - по 1 виду. Видовое разнообразие в пробе варьировало от 2 до 10 видов.

В пробах истокового створа встречено 13 видов. По численности и биомассе доминировали олигохеты и поденки. На устьевом створе - 12 видов, из которых по численности доминировали хирономиды, а по биомассе – моллюски.

Экосистема реки находится в состоянии перехода от экологического благополучия к состоянию антропогенного экологического напряжения.

Каспийский гидрографический район

В бассейне Средней Волги гидробиологический мониторинг за фоновыми объектами производил на территории Жигулевского и Приокско-Террасного биосферных заповедников.

Жигулевский биосферный заповедник, озеро Кольчужное. Озеро Кольчужное расположено на территории Жигулевского заповедника им. И.И.Спрыгина (остров Середыш, Саратовское водохранилище). Исследование состояния экосистемы проводится с 2017 г. по показателям фитопланктона, зоопланктона, перифитона и зообентоса.

В составе фитопланктона в 2018 г. встречено 77 видов (60 видов в 2017 г.). Весной доминировали криптофитовые водоросли, летом – диатомовые, осенью – синезеленые.

В фитоперифитоне озера доминировали диатомовые водоросли (как и в 2017 году), в зооперифитоне — хирономиды.

В составе зоопланктона встречен 41 вид (в 2017 г. – 44 вида). Среднегодовые показатели численности и биомассы составили 34,5 тыс.экз/м³ и 379,2 мг/м³ (в 2017 г. 234,1 тыс.экз/м³ и

1363,8 мг/м³ соответственно). Весной доминировали циклопоиды и коловратки, летом – кладоцеры и коловратки, осенью – коловратки.

В составе зообентоса зарегистрировано 11 видов (в 2017г. - 12 видов). Массовыми видами весной были олигохеты и хирономиды, в летний период – ракообразные, олигохеты и хирономиды, осенью наряду с ними преобладали представители рода *Chaoborus*.

Приокско-Террасный биосферный заповедник, реки Тоденка, Пониковка и Сушка. Мониторинг состояния экосистем этих водотоков осуществляется по показателям зоопланктона, зооперифитона и зообентоса.

Зоопланктон исследованных водоемов и водотоков насчитывает в общей сложности 45 видов, групп видов и форм планктеров, из которых: 18 видов – коловраток, 16 – ветвистоусых и 11 – веслоногих раков.

Зообентос исследованных водоемов и водотоков насчитывает в общей сложности 155 видов, групп видов и форм донных беспозвоночных^{3.4}. В 2018 г. список видов пополнился на 11 видов. Наибольшее число видов и группы видов (104) встречены в р. Тоденка. Сообщество зообентоса р. Сушка представлено 86 видом, в реке Пониковка – 48 видов. По количеству видов в группах к массовым относились олигохеты, двукрылые, ручейники, двустворчатые и брюхоногие моллюски, а так же поденки. Видовое разнообразие большинства исследованных объектов достаточно велико. Для р. Тоденка количество видов в пробе варьировало от 12 до 20 видов, в реке Сушка – лежало в диапазоне 7-19 видов, для реки Пониковка – 3-13 видов.

Пониковка. В составе зоопланктона встречено 11 видов, из которых: 2 – коловратки, 3 – ветвистоусые и 6 – веслоногие раки. Количественные показатели находились в пределах 1,4-162,3 тыс.экз/м³ (общая численность) и 15,84–2496,42 мг/м³ (общая биомасса). Основу численности и биомассы в реке формировали кладоцеры *Bosmina (Bosmina) longirostris* (O.F. Müller, 1785). Индекс сапробности варьировал от 0 до 1,54, определяя изменения оценок загрязнения вод в течение года от ксенотрофного водотока до слабозагрязненных вод, что характерно для малых рек с низкой первичной продукцией, основа питания которых формируется дождевыми паводками. Несмотря на значительные флуктуации сапробности водотока, экосистема находится в состоянии экологического благополучия.

В составе зообентоса р. Пониковки встречено 18 видов, среди которых наибольшее видовое разнообразие принадлежало хирономидам – 11 и двустворчатым моллюскам – 3, поденки, табаниды, лимонииды и птихоптериды – представлены по 1-му виду. Количественные показатели находились в пределах 100-224 экз/м² (общая численность) и 1,38–3,55 г/м² (общая биомасса). Основу численности и биомассы в реке формировали двустворчатые моллюски *Pisidium amnicum* (O.F. Müller, 1776). Индекс сапробности варьировал от 1,28 до 2,23, биотический индекс – 5-6, определяя изменения оценок загрязнения вод в течение года от условно чистых (по значению ИС) до слабозагрязненных вод (по значению БИ), что характерно для малых рек с подвижным грунтом, основа питания которых формируется дождевыми паводками. Несмотря на значительные флуктуации сапробности и биотического индекса водотока, экосистема находится в состоянии экологического благополучия.

Тоденка. В составе зоопланктона встречено 28 видов, из которых: 11 – коловратки, 13 – ветвистоусые и 4 – веслоногие раки. Количественные показатели находились в пределах 0,07-281,63 тыс.экз/м³ (общая численность) и 0,45–2975,55 мг/м³ (общая биомасса). Основу численности и биомассы в реке формировали кладоцеры *Bosmina longirostris*. ИС изменялся в относи-

тельно широких пределах 1,47-1,55, определяя изменения оценок загрязнения вод в течение года от условно чистых до слабозагрязненных вод, что характерно для малых рек с низкой первичной продукцией, основу питания формируют дожди. Несмотря на значительные флуктуации сапробности водотока, экосистема находится в состоянии экологического благополучия.

Зообентос реки Тоденка насчитывал в общей сложности 42 видов, среди которых наибольшее видовое разнообразие принадлежало комарам-звонцам - 10, брюхоногим моллюскам - 6 и ручейникам - 5, олигохеты и поденки были представлены по 4 вида, двустворчатые моллюски - 3-мя, пиявки - 2, губки, кишечнорастворимые, жесткокрылые, равноногие раки, мошки, болотницы и мокрецы - по 1 виду. Количественные показатели находились в пределах 156-1760 экз/м² (общая численность) и 0,42-24,00 г/м² (общая биомасса). Основу численности и биомассы в реке формировали ручейники *Hydropsyche angustipennis* (Curtis, 1834). Индекс сапробности варьировал от 0,99 до 2,55, биотический индекс - 6-7, определяя изменения оценок загрязнения вод в течение года от условно чистых до грязных (по значению ИС) и от условно чистых до слабозагрязненных вод (по значению БИ), что характерно для малых рек с подвижным грунтом, основа питания которых формируется дождевыми паводками. Несмотря на значительные флуктуации сапробности и биотического индекса водотока, экосистема находится в состоянии экологического благополучия.

Сушка. В составе зоопланктона встречено 27 видов, из которых: 14 - коловратки, 7 - ветвистоусые и 6 - веслоногие раки. Количественные показатели находились в пределах 0,69-20,07 тыс.экз/м³ (общая численность) и 12,68-236,70 мг/м³ (общая биомасса). Основу численности и биомассы в реке, так же как и в предыдущих реках формировали кладоцеры *Bosmina longirostris*. ИС изменялся в относительно широких пределах 1,47-1,62, определяя изменения оценок загрязнения вод в течение года от условно чистых до слабозагрязненных вод, что характерно для малых рек с низкой первичной продукцией, основу питания которых формируют дожди. Несмотря на значительные флуктуации сапробности водотока, экосистема находится в состоянии экологического благополучия.

Зообентос реки Сушка представлен 25 видами, среди которых наибольшим видовым разнообразием обладали хирономиды - 7 и олигохеты - 4, ручейники представлены - 3 видами, пиявки, двустворчатые моллюски и поденки - по 2 вида, брюхоногие моллюски, веснянки, бабчонки, болотницы и мегалоптера - по 1-му виду. Количественные показатели находились в пределах 224-476 экз/м² (общая численность) и 3,55-4,47 г/м² (общая биомасса). Основу численности и биомассы в реке формировали ручейники *Hydropsyche angustipennis* (Curtis, 1834). Индекс сапробности варьировал от 1,33 до 2,12, биотический индекс - 6-9, определяя изменения оценок загрязнения вод в течение года от условно чистых до слабо загрязненных (ИС, БИ) при этом на протяжении всего периода исследований - класс качества вод соответствовал - условно чистым. Высокий уровень развития видового разнообразия и количественных показателей зообентоса, даже в период летней межени характерны для малых рек с высокой антропогенной нагрузкой. Несмотря на значительные флуктуации сапробности и биотического индекса водотока, экосистема находится в состоянии экологического благополучия с элементами экологического напряжения.

Экосистемы рек Тоденка и Пониовка находятся в состоянии экологического благополучия, р. Сушка - в состоянии экологического благополучия с элементами экологического напряжения, что проявляется в обогащенной фауне зообентоса.

Восточно-Сибирский гидрографический район

Дельта р. Лена (у п.с. Хабарова). Фоновые наблюдения проводили в районе полярной станции Хабарова, у о. Столб – Усть-Ленского государственного природного заповедника. Створ лежит в одном из рукавов дельтовой части реки Лена.

Фитопланктон р. Лена в створе о. Столб представлен 66 видами, среди которых, как и в створе с. Кюсюр, основу фитоценоза, как в качественном, так и в количественном отношении формировали космополитические холодноводные диатомовые – 49 видов, зеленые – 12, синезеленые – 4 вида. Количественные показатели фитоценоза лежали в диапазоне многолетних наблюдений. Среднегодовые значения БИ и ИС в 2007-2018 гг. приведены на рисунках 3.4.9, 3.4.10.

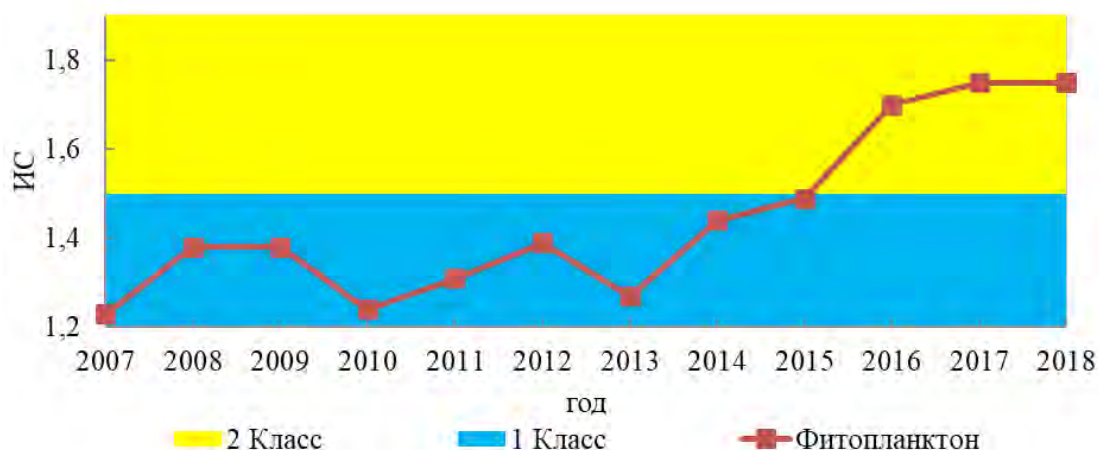


Рис. 3.4.9. Значения ИС в 2010-2018 гг., р. Лена ст. Хабарова

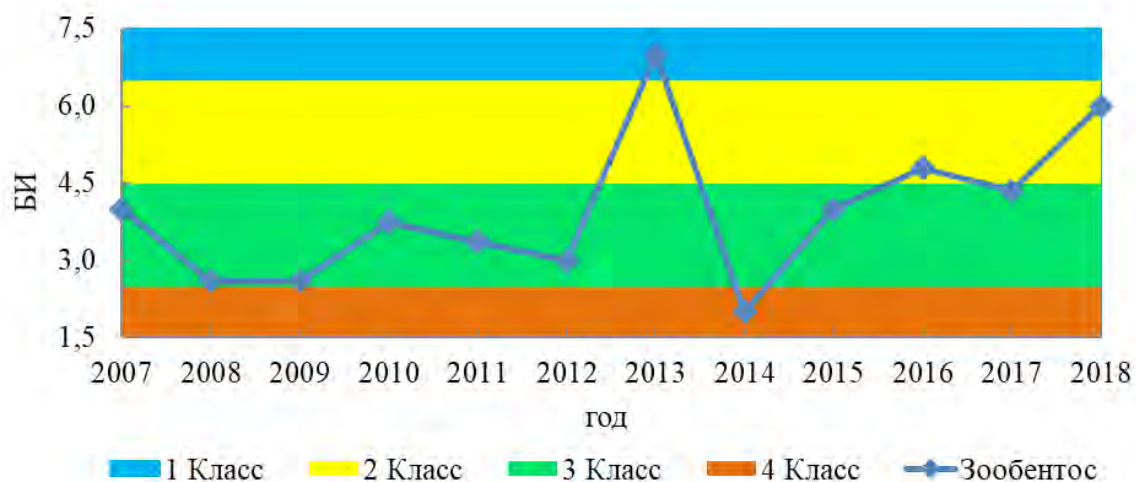


Рис. 3.4.10. Значения БИ в 2012-2018 гг., р.Лена ст.Хабарова

Зообентос представлен 21 (в 2017 – 20) короткоцикловым видом беспозвоночных, относящихся к 8 группам. Наибольшее видовое разнообразие принадлежит комарам-звонцам – 6 видов, поденки, малощетинковые черви и моллюски представлены по 3 вида, трибелиды – 2 вида, жесткокрылые и веснянки – по 1 виду. За предыдущие, 2015-2017 гг. показатели качества

воды по показателю зообентос аналогичны, изменений в качестве воды не отмечено.

Качество воды в реке по гидробиологическим показателям находится на уровне многолетних значений. Сообщества макрозообентоса не формируются в связи с коротким вегетационным сезоном и экстремальными условиями обитания гидробионтов. В связи с этим состояние экосистемы дельтовой части р. Лена следует рассматривать как экологическое благополучие.

Бассейн Нижней Лены, р. Копчик-Юреге (п. Полярка). Наблюдения проведены по 2-м показателям: фитопланктон и зообентос.

В составе фитопланктона реки встречено 7 видов (в 2017 - 21 вид), относящихся к диатомовым водорослям. Среднегодовые значения БИ и ИС в 2007-2018 гг. приведены на рисунках 3.4.11, 3.4.12.

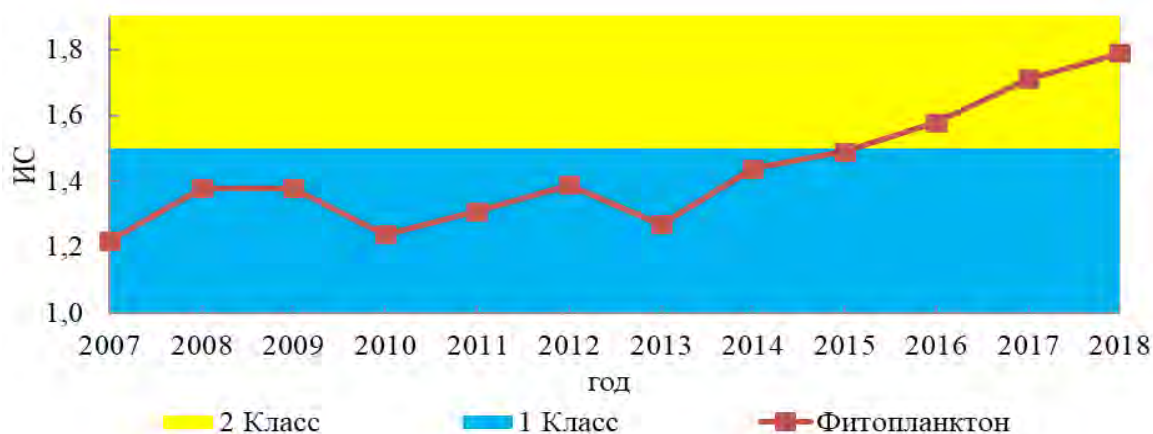


Рис. 3.4.11. Значения ИС в 2010-2018 гг., р. Копчик-Юреге

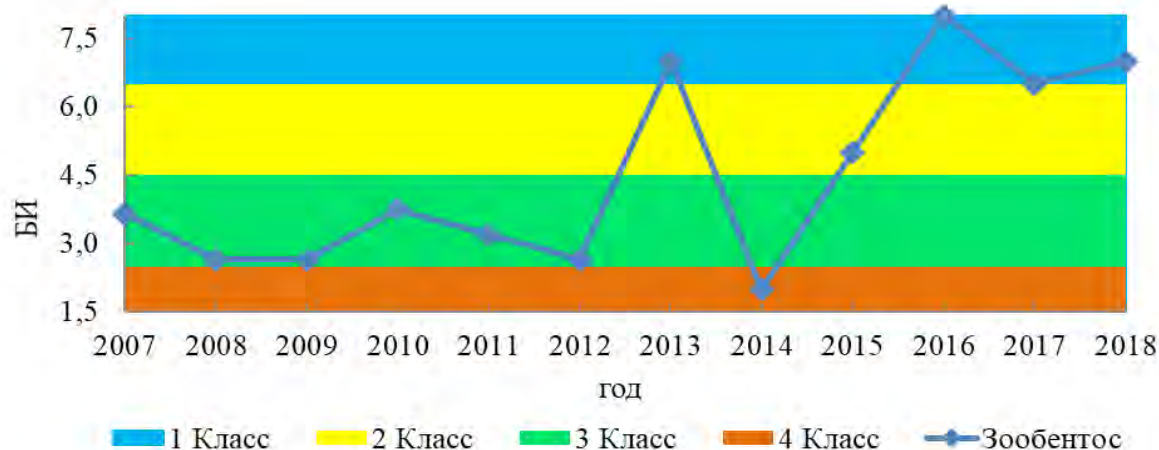


Рис. 3.4.12. Значения БИ в 2012-2018 гг., р. Копчик-Юреге

Население бентали, как и в предыдущий год, представлено 7-ю видами, среди которых наибольшим числом видов представлены хирономиды – 3 вида, веснянки – 2, ручейники и жесткокрылые – по 1-му виду. Количественные и качественные показатели зообентоса по сравнению с 2014-2017 гг. не изменились.

По наблюдаемым показателям состояние биоценоза р. Копчик-Юреге находится в состоянии экологического благополучия. Качественная и количественная бедность биоценозов обу-

словлена коротким вегетационным сезоном и низкой первичной продукцией водоема, именно по этой причине здесь распространены короткоцикловые виды гидробионтов, в то же время неоднородность сообществ определяется не столько антропогенными факторами, сколько критическими климатическими условиями природной среды.

Карский гидрографический район

Бассейн р. Енисей: Река Базаиха. Для оценки фонового состояния было исследовано створ реки в 9 км выше устья, расположенный в охранной зоне государственного природного заповедника «Столбы».

В 2018 году в составе фитоперифитона встречено 103 вида организмов, принадлежащих к пятнадцати систематическим группам. Видовое разнообразие перифитона р. Базаихи незначительно сократилось по сравнению с данными 2016 года (112 видов) за счет выпадения некоторых диатомовых водорослей. Данные в 2017 и 2018 гг. имеют незначительные отличия (102 и 103 вида организмов соответственно).

В составе фитоперифитона зарегистрирован 61 вид, относящийся к пяти систематическим группам. В составе зооперифитона – 42 вида из десяти систематических групп.

В фитоперифитоне ведущее место занимали диатомовые водоросли (37 видов). По сравнению с 2016 – 2017 гг. синезеленые и зеленые водоросли встречались реже. В зооперифитоне наибольшим видовым разнообразием отличались личинки подёнок, ручейников и хирономид. Подёнки *Epeorus pellucidus*, ручейники *Arctopsyche ladogensis*, *Oligoplectrodes potanini* и *Ceratopsyche nevae* достигали массового развития.

Зоопланктон реки малочисленный, отмечено наличие 7 видов, из них *Cladocera* – 1, *Copepoda* – 2, *Rotifera* – 4. Основу зоопланктона реки формировали транзитные виды, так как высокая скорость течения затрудняет развитие автохтонного зоопланктона. Группа ветвистых раков представлена единичными босминами, обнаруженными в районе устья реки в летний период. Группу веслоногих раков в течение всего периода мониторинга составляли неполовозрелые и взрослые стадии циклопов, а также единичные гарпактициды. Состав коловраток на станциях типично речной. По сравнению с 2017 годом произошло увеличение видового разнообразия, в основном за счет коловраток; биоразнообразие сообщества аналогично показателям 2016 года

Среднегодовые значения ИС в 2010-2018 гг. представлены на рисунке 3.4.13.

Зообентос представлен 80 видами донных беспозвоночных (в 2017 г. – 66) из 9 систематических групп. Наибольшее число видов приходилось на отряды: двукрылых – класс насекомых (*Insecta*) – 70 таксонов, из них личинки двукрылых (*Diptera*) – 32, ручейников (*Trichoptera*) – 15, поденок (*Ephemeroptera*) – 13, веснянок (*Plecoptera*) – 8, жуков (*Coleoptera*) – 2 таксона. В классе малощетинковые черви (*Oligochaeta*) зарегистрировано 5 видов, в классах амфиподы (*Amphipoda*) и брюхоногие моллюски (*Gastropoda*) – по 2 таксона, пиявки (*Hirudinea*) – один таксон.

На станциях преобладали личинки двукрылых, поденок и ручейников, среди которых чаще других встречались β – мезосапробы.

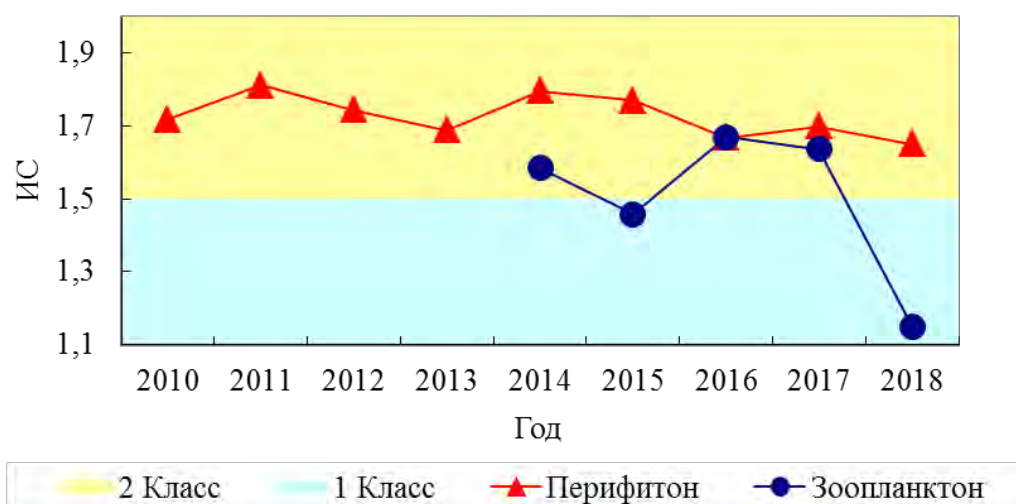


Рис. 3.4.13. Значения ИС в 2010-2018 гг., р. Базаиха

Среднегодовые значения БИ в 2010-2018 гг. представлены на рисунке 3.4.14.

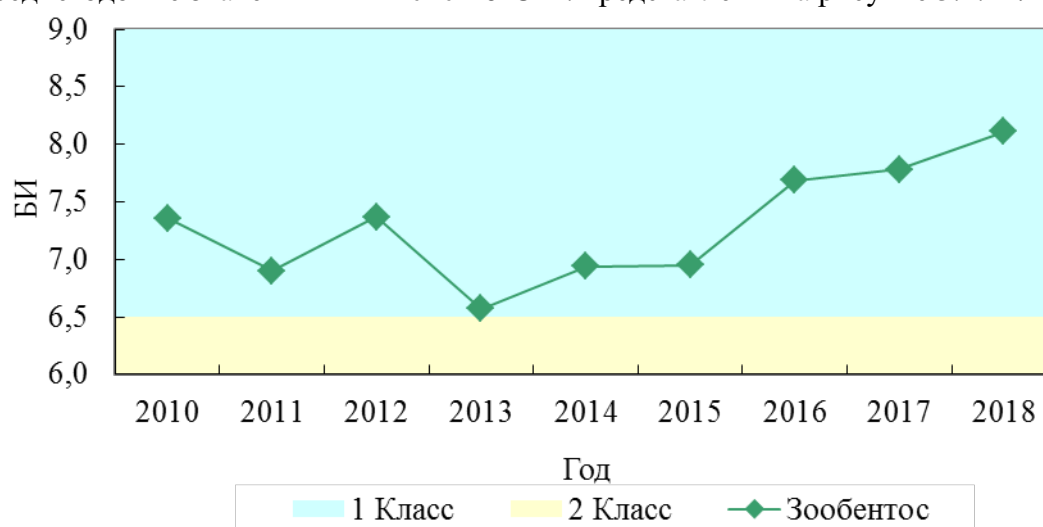


Рис. 3.4.14. Значения БИ в 2010-2018 гг., р. Базаиха

Экосистема реки находится в состоянии экологического благополучия, донные биоценозы в переходном состоянии от экологического благополучия к антропогенному экологическому напряжению.

Бассейн оз. Байкал, река Джида. Оценку качества воды водотока проводили по состоянию фитопланктона и зоопланктона. В составе фитопланктона левого притока р. Селенга – р. Джиде встречено 72 вида водорослей, из которых наибольшее видовое разнообразие принадлежало диатомовым – 69 видов, зелёные – представлены 3-мя. По доле в численности и биомассе доминировали диатомовые.

Зоопланктон реки насчитывал 33 вида (в 2017 г. – 15), среди которых наибольшее видовое разнообразие принадлежало коловраткам – 24 вида, ветвистоусые раки представлены 6-ю видами, веслоногие – 3-мя.

В составе зообентоса в 2018 году встречено 17 видов беспозвоночных (в 2017 г. – 23), в числе которых: веснянки – 2, поденки – 4, хирономиды – 7, ручейники – 1, клопы и стрекозы – 1. Наибольшее число видов наблюдали в июне.

Среднегодовые значения ИС и БИ в 2007-2018 гг. представлены на рисунках 3.4.15 и

3.4.16. Отмеченное в 2016 г. изменение класса качества вод сохраняется и в 2018 г.

Экосистема реки находится в состоянии экологического благополучия с элементами экологического напряжения.

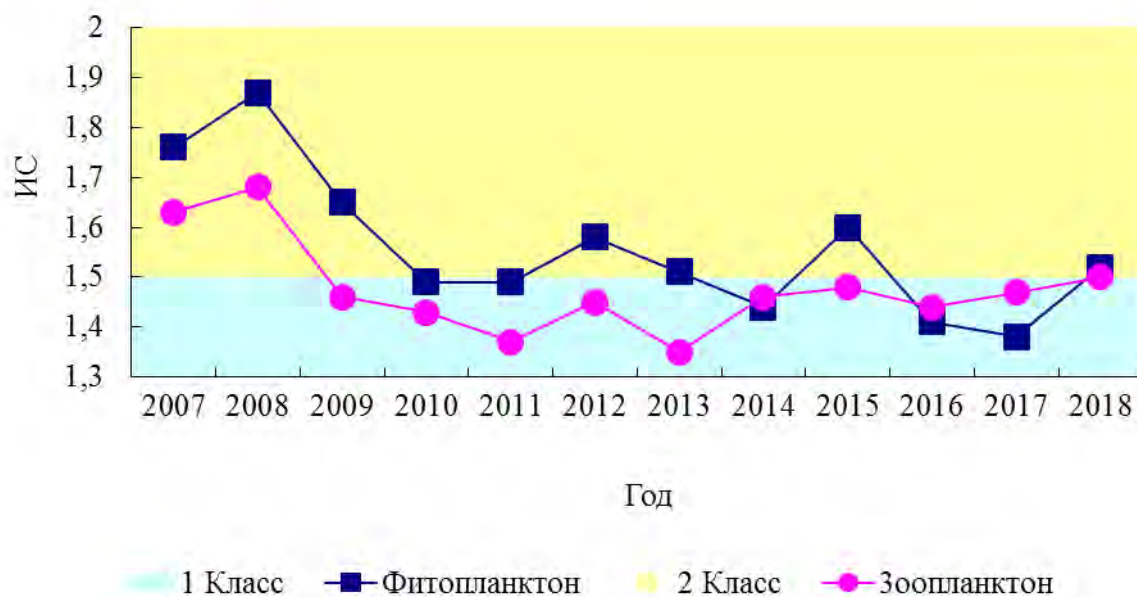


Рис.3.4.15. Значения ИС в 2007-2018 гг. р. Джиды

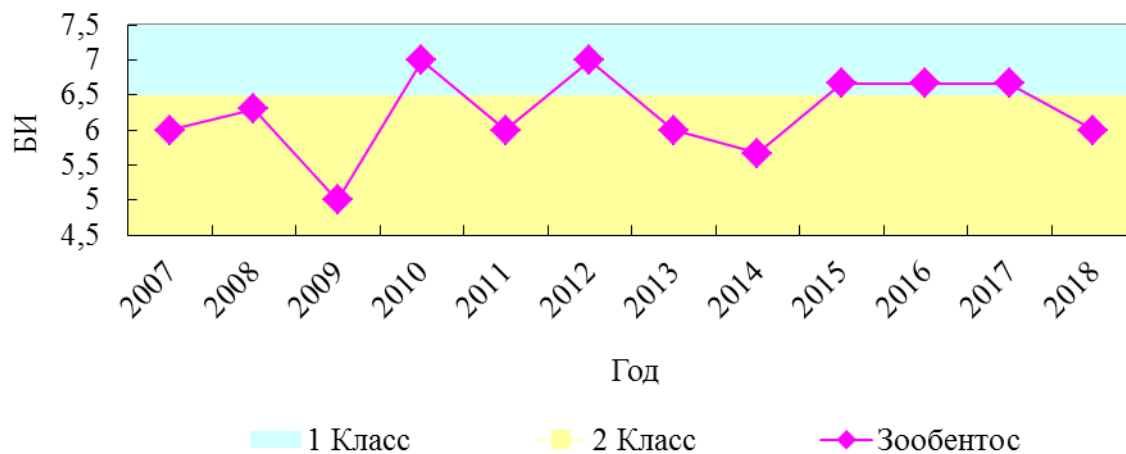


Рис. 3.4.16. Значения БИ в 2007-2018 гг. р. Джиды

4. МНОГОЛЕТНЕЕ СОСТОЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ СРЕД НА СТАНЦИЯХ СКФМ СНГ

Березинский биосферный заповедник (Республика Беларусь)

Мониторинг атмосферного воздуха на станции фонового мониторинга Березинский заповедник организован с целью получения информации о региональном фоновом состоянии окружающей природной среды.

Атмосферный воздух.

По результатам стационарных наблюдений, в 2018 г. содержание в атмосферном воздухе большинства определяемых загрязняющих веществ незначительно повысилось. Неблагоприятное влияние метеорологических условий проявилось в мае и было связано с дефицитом осадков (выпало 60% климатической нормы). В остальное время года основная роль в формировании уровня загрязнения воздуха принадлежала региональному и глобальному переносу.

В связи с переходом на новые методы выполнения измерений оценка тенденции изменения среднегодовых концентраций серы диоксида и азота диоксида не проводилась.

Серы диоксид. По данным непрерывных измерений, среднегодовая фоновая концентрация серы диоксида составляла 6,3 мкг/м³ (0,13 ПДК). Максимальная среднесуточная концентрация 27,2 мкг/м³ зафиксирована 12 ноября. Сезонные изменения содержания в воздухе серы диоксида не имели ярко выраженного характера. Некоторый рост концентраций зафиксирован в феврале-марте.

Азота диоксид. Среднегодовая фоновая концентрация азота диоксида составляла 2,1 мкг/м³ (0,05 ПДК) и была на уровне предыдущего года. Максимальная среднесуточная концентрация 0,08 ПДК зафиксирована 24 января. Сезонные изменения концентраций не имели ярко выраженного характера.

Сульфаты. Среднегодовая фоновая концентрация сульфатов составляла 1,64 мкг/м³ (в 2017 г. – 1,44 мкг/м³). Минимальное содержание сульфатов в атмосферном воздухе зафиксировано в августе: среднемесячная концентрация составляла 1,3 мкг/м³; максимальное содержание (3,62 мкг/м³) – в феврале. Максимальная среднесуточная концентрация сульфатов составляла 10,59 мкг/м³.

Значительные межгодовые колебания средних концентраций сульфатов не позволяют однозначно охарактеризовать тренды изменений. Однако в последние три года прослеживается рост содержания в атмосферном воздухе сульфатов.

Твердые частицы (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль). Среднегодовая фоновая концентрация твердых частиц (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль) составляла 1,3 мкг/м³ (в 2017 г. – 9,2 мкг/м³). В теплый период года содержание в воздухе твердых частиц было выше, чем в холодный период (рисунок 4.1). Как и в предыдущие годы, существенное увеличение концентраций твердых частиц отмечено в мае, особенно во второй декаде месяца, что, по всей вероятности, было связано с проведением сельскохозяйственных работ в регионе и дефицитом осадков. Максимальная среднесуточная концентрация твердых частиц зафиксирована 6 сентября и составляла 79 мкг/м³ (0,53 ПДК). Минимальное содержание в воз-

духе твердых частиц зафиксировано в январе и октябре-декабре.

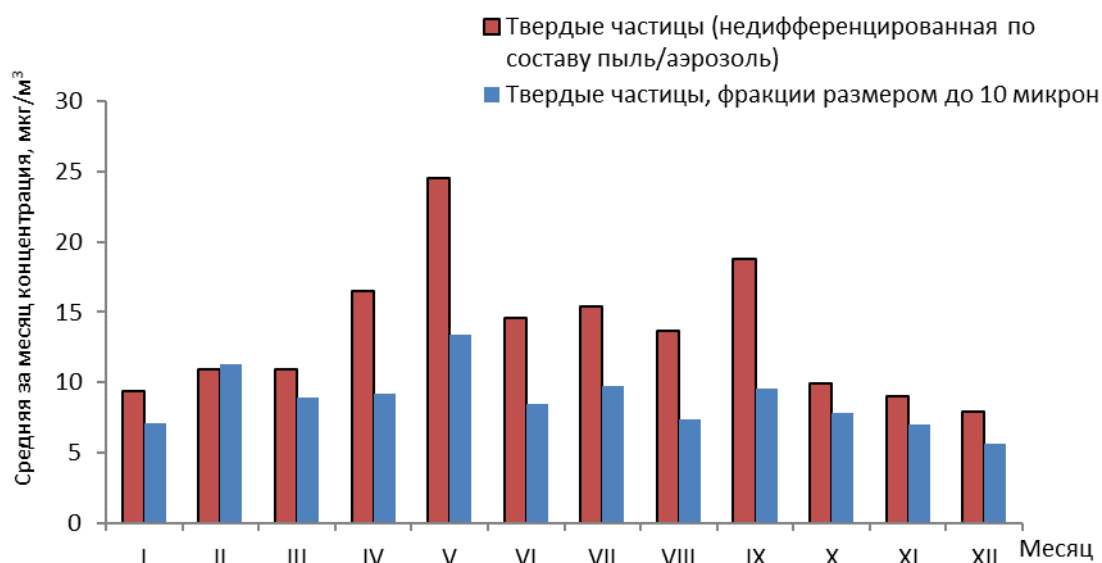


Рис. 4.1. Внутригодовое распределение концентраций твердых частиц в атмосферном воздухе Березинского заповедника, 2018 г.

За последние 10 лет среднегодовые фоновые концентрации твердых частиц сохранялись практически на одном уровне (отклонения не превышали $\pm 14\%$). Исключением явился 2014 г., который характеризовался дефицитом осадков (в среднем по стране выпало 86% климатической нормы).

Твердые частицы, фракции размером до 10 микрон. По данным непрерывных измерений, среднегодовая фоновая концентрация твердых частиц, фракции размером до 10 микрон (далее – РМ-10) составляла $8,4 \text{ мкг}/\text{м}^3$ (0,21 ПДК). Количество дней со среднесуточными концентрациями выше $25 \text{ мкг}/\text{м}^3$ (0,5 ПДК) составляло 2,9% (в 2016 г. и 2017 г. – 2,7% и 1,1%, соответственно). В годовом ходе некоторое увеличение содержания в воздухе РМ-10 зафиксировано в феврале и мае, снижение – в ноябре-декабре (рисунок 4.1). Максимальная среднесуточная концентрация РМ-10 0,7 ПДК зарегистрирована 18 октября.

Фоновый уровень концентраций твердых частиц, фракции размером до 10 микрон в приземном слое атмосферы региона обусловлен трансграничным переносом. Незначительное увеличение содержания РМ-10 в теплый период года лимитируется природными или антропогенными факторами.

Тяжелые металлы. Среднегодовые фоновые концентрации свинца и кадмия составляли $1,90 \text{ нг}/\text{м}^3$ и $0,17 \text{ нг}/\text{м}^3$ соответственно и были на уровне предыдущего года. Сезонные изменения уровня загрязнения воздуха тяжелыми металлами не имели ярко выраженного характера. Незначительное увеличение содержания в воздухе свинца и кадмия отмечено в апреле-мае. Максимальная среднесуточная концентрация кадмия ($0,41 \text{ нг}/\text{м}^3$) зафиксирована 3 июня, свинца ($4,00 \text{ нг}/\text{м}^3$) – 16 мая.

За последние 10 лет содержание в воздухе свинца и кадмия существенно понизилось.

Бензол. Содержание в воздухе бензола было значительно ниже норматива качества. Среднегодовая фоновая концентрация составляла $0,1 \text{ мкг}/\text{м}^3$. Максимальная среднесуточная концентрация бензола $0,7 \text{ мкг}/\text{м}^3$ зафиксирована 17 февраля.

Приземный озон. По данным непрерывных измерений, среднегодовая фоновая концентрация приземного озона составляла 64 мкг/м^3 . В годовом ходе существенный рост содержания в воздухе приземного озона отмечен в марте-мае. Максимальная среднесуточная концентрация 4 июня превышала норматив качества в 1,5 раза, однако летний максимум загрязнения воздуха приземным озоном не проявился. Минимальное содержание в воздухе приземного озона отмечено в ноябре (рисунок 4.2).

Углерода диоксид. Среднегодовая фоновая концентрация углерода диоксида составляла 852 мг/м^3 . Максимальное среднемесячное значение (877 мг/м^3) отмечено в мае, минимальное (783 мг/м^3) – в июле. Среднесуточные концентрации варьировались в широком диапазоне: от 774 мг/м^3 до 1000 мг/м^3 .

По данным непрерывных измерений, среднегодовые концентрации диоксида углерода варьируются в диапазоне от 789 мг/м^3 в 2010 году до 855 мг/м^3 в 2016 году и согласуются с данными зарубежных станций фоновоего мониторинга.

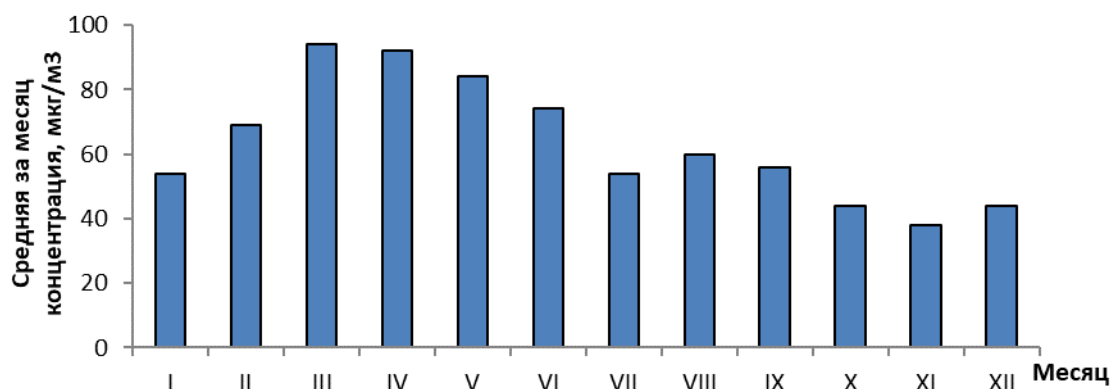


Рис. 4.2. Внутригодовое распределение концентраций приземного озона в атмосферном воздухе Березинского заповедника, 2018 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка тренда фоновой содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и осадках за последние 15-20 лет, включая 2018 г., на территории Беларуси и России, свидетельствует о сохранении на территории указанных государств условий, обеспечивающих низкие фоновые уровни концентрации свинца, кадмия, соединений серы и азота, бенз(а)пирена, пестицидов 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 фоновой загрязненности атмосферы некоторыми загрязняющими веществами.

По данным станции Териберка (Кольский полуостров, побережье Баренцева моря) за десятилетний период с 2008 по 2018 гг. атмосферная концентрация CO_2 и CH_4 увеличилась на 5,9% (23 млн-1) и 3% (56 млрд-1) соответственно. Уровень концентрации CO_2 в атмосфере северных широт достиг в 2018 г. нового максимума. Его среднегодовое значение превысило 410 млн⁻¹ для всех фоновых станций, максимальные за год концентрации 415 млн⁻¹. Вместе с тем, рост концентрации CO_2 с 2017 по 2018 гг. снизился по сравнению с предыдущими двумя годами и приблизился к средней за десятилетний период скорости роста (равной 2,2 млн⁻¹/год согласно Бюллетеню ВМО по парниковым газам). В 2018 г. рост концентрации CH_4 также уменьшился по сравнению с периодом повышенного роста (2014 – 2017 гг.). Среднегодовое значение CH_4 увеличилось на 3,3 млрд⁻¹ на станции Териберка и 3,7 млрд⁻¹ на станции Тикси (Арктическое побережье, море Лаптевых, залив Сого) без учета аномальных значений в августе 2018 г. Повышенные уровни концентрации и амплитуда сезонного хода на станции Новый Порт (полуостров Ямал, берег Обской губы) свидетельствуют о влиянии региональных источников. Избыток концентрации метана над фоновым уровнем составил около 4%, концентрация CO_2 превышала фоновые значения на 1%.

В течение 2018 г. во всех регионах наблюдались значительные периоды с аномально низкими и аномально высокими значениями озона. При этом его среднегодовое значение было выше нормы (353 е.Д.) всего на 1,1% и существенно выше значения 2017 г.

Средние годовые значения ОПА в 2018 г. по сравнению с 30-летней нормой были понижены на большинстве станций. Единственная станция, на которой в 2018 г. ОПА существенно превзошла норму (+13,1%), это станция Усть-Вымь. Максимальное отрицательное отклонение по сравнению с нормой отмечено в 2018 г. на станции Памятное (-12,9%).

По сравнению с предшествующим периодом (2011 – 2017 гг.) в 2018 году не отмечалось существенных изменений градиента потенциала электрического поля атмосферы.

В 2016 г. среднегодовые фоновые концентрации тяжелых металлов и полиароматических углеводородов в атмосферных осадках сохранились на низком уровне. Содержание пестицидов в атмосферных осадках сохранилось на крайне низком уровне прошлых лет.

В 2018 г. по данным наблюдений на станциях фоновой мониторинга химического состава осадков и состава атмосферы, входящих в качестве региональных в состав сети Глобальной службы атмосферы (ГСА) ВМО, содержание отдельных ионов, минерализация, удельная электропроводность и величина pH мало отличалось от среднесезонных годовых значений.

На российских станциях ЕМЕП кислые осадки (pH < 4) в 2018 г. не наблюдались. В се-

веро-западной части ЕТР атмосферные выпадения в целом нейтральные, с наибольшей вероятностью значений pH от 6 до 7, в то время как в Центральной части ЕТР около 70% осадков имеет значения pH от 5 до 6. Рассчитанные по средневзвешенным концентрациям и месячным суммам выпавших осадков величины влажных выпадений для районов станций составляли в 2018 г.: серы 0,35 - 0,55 г/м² в год и азота 0,16 - 0,48 г/м² в год. Сравнение годовых влажных выпадений серы и суммарного азота с осадками в 2018 г. и значений критических нагрузок по этим элементам для районов расположения станций, позволяют сделать вывод, что выпадения серы существенно ниже критических нагрузок. Для азота суммарные выпадения близки к критическим значениям, что является тревожным сигналом с учетом существующих тенденций изменения выпадений азота с осадками к росту год от года.

По данным измерений в 2018 г. уменьшилось среднегодовое содержание газовых примесей в воздухе на всех фоновых и региональных станциях. Исключение составляет содержание аммиака на станции Приморская, где его среднегодовая концентрация оказалась выше по сравнению с предыдущим годом, однако его содержание не превысило уровень среднего многолетнего за последние 10 лет. В многолетнем ходе средних концентраций серо- и азотсодержащих веществ в воздухе отмечаются более низкие среднегодовые значения на станциях в регионе оз. Байкал по сравнению с 2010-2012 гг. В Приморском крае в 2018 г. содержание в атмосфере аэрозолей серо- и азотсодержащих веществ значительно понизилось в сравнении с 2013 г.

По результатам обследования в 2011-2018 гг., содержание тяжелых металлов и стойких органических загрязнителей в почвах, а также вегетативных органах древесной и травянистой растительности районов размещения СКФМ находится в пределах интервалов среднемноголетних значений. Содержание в почвах СКФМ приоритетных органических загрязнителей характеризует их экологическое состояние в основном как благополучное.

Анализ значений фоновых массовых долей токсикантов промышленного происхождения в почвах Российской Федерации позволяет оценить состояние почв фоновых районов как благополучное.

Анализ данных (до 30 лет) отклика бореальных древостоев на климатические изменения показал, что приросты в высоту сосны обыкновенной на верховых болотах в значительной степени зависят от межгодовых вариаций температуры и осадков. Среди измеряемых метеопараметров наибольшая зависимость степени вариабельности приростов связана с осадками вегетационного периода предыдущего года.

Фоновое содержание ртути, свинца, кадмия, бенз(а)пирена и бензперилена в поверхностных водах большинства районов России соответствовало интервалам величин, наблюдаемых в последние годы.

Анализ качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям показал, что в 2018 г. по сравнению с 2017 г. качество воды на водных объектах с высоким уровнем загрязненности мало изменилось. Количество створов с высоким уровнем загрязненности воды на водных объектах РФ сохранилось прежним.

В период с 2014 по 2018 гг. состояние наблюдаемых экосистем рек, озер и водохранилищ в России по гидробиологическим показателям сохранялось на стабильном уровне, кардинальных изменений в таксономическом составе и структуре сообществ, а также для градации состояния экосистем не было выявлено.

В целом по результатам фоновых наблюдений за содержанием химических веществ в поверхностных водах в районах станций сети EANET, в последние годы наблюдалось увеличение содержания некоторых основных ионов (NO_3^- , NH_4^+ , Ca^{2+}) и кислотности для р. Комаровка (Приморье). Для р. Переемная уровни основных ионов в течение последних 9 лет в целом сохраняются стабильными.

В Баренцевском, Балтийском, Карском и Восточно-Сибирском гидрографических районах экосистемы на всех 9 фоновых участках выбранных водных объектов в 2013-2018гг. не претерпели значительных изменений по составу экосистем и их экологическому состоянию. Состояние экологического благополучия характерно для 10 фоновых участков: рек Лотта, Витте и Нижняя Чуна (Лапландский БЗ) в Баренцевском гидрографическом районе, рек Приокско-Террасного БЗ в Каспийском гидрографическом районе, р. Джида бассейна оз Байкал в Карском гидрографическом районе, реки Лена (заповедник «Усть-Ленский») и Копчик-Юреге в Восточно-Сибирском гидрографическом районе.

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 на этой станции мониторинга соответствует уровню загрязнения природных сред европейской части России.

Список сокращений

АТР	- Азиатская территория 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
ЕТР	- Европейская территория 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, Стан- ция КФМ	- станция комплексного фонового мониторинга
СНГ	- Содружество Независимых Государств
СПАВ	- синтетические поверхностно-активные вещества
ТМ	- тяжелые металлы
ХОП	- хлорорганические пестициды

СПИСОК АВТОРОВ

ПРЕДИСЛОВИЕ			Егоров В.И.	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., Которова М.С., Жигачева Е.С., Иванов В.А., Колесникова А.П., Николаева А.М., Орчикова К.М., Галушин Д.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., Соколенко Л.Г., Зайнетдинов Б.Г., Соломатникова А.А., Шаламянский А.М., Ромашкина К.И., Павлова К.Г. Николаева А.М., Егоров В.И. Вязанкин А.С., Цветкова Н.Д., Банкова Т.В., Кирышов Б.М., Лукьянов А.Н., Глазков В.Н., Юшков В.А.	ФГБУ «ГГО» ФГБУ «ИГКЭ» 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., Которова М.С., Пастухов Б.В., Позднякова Е.А.	ФГБУ «ИГКЭ»
		1.3.2	Фоновый уровень ионного состава атмосферных осадков	Першина Н.А., Полищук А.И., Павлова М.Т., Семенец Е.С.	ФГБУ «ГГО»
	1.4.	Загрязнение воздуха и осадков соединениями серы и азота по данным станций мониторинга ЕАНЕТ		Громов С.А., Жигачева Е.С., Трифонова-Яковлева А.М. Ходжер Т.В., Голобокова Л.П., Нецветаева О.Г., Оболкин В.А.	ФГБУ «ИГКЭ» ФГБУН «ЛИН СО РАН»
	1.5.	Выпадения серы и азота в результате трансграничного переноса загрязняющих воздух веществ		Брускина И.М., Громов С.А., Конькова Е.С., Которова М.С.	ФГБУ «ИГКЭ»
2.	ПОЧВА И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ				
	2.1	Фоновое содержание загрязняющих веществ в почвах и растительности		Парамонова Т.А., Парамонов С.Г., Которова М.С.	МГУ им. М.В. Ломоносова ФГБУ «ИГКЭ»
	2.2	Содержание загрязняющих веществ в почвах по результатам наблюдательной сети Росгидромета		Павлова Н.Н., Лукьянова Н.Н.	ФГБУ «НПО «Тайфун»
	2.3.	Оценка отклика древостоев сосны обыкновенной на воздействие климатических факторов (МСП КМ)		Кухта А.Е.	ФГБУН«ИГ РАН» ФГБУ «ИГКЭ»
3.	ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ				
	3.1.	Фоновые уровни загрязняющих веществ по данным сети СКФМ		Парамонов С.Г., Бурцева Л.В., Пастухов Б.В	ФГБУ «ИГКЭ»
	3.2.	Данные станций гидрохимических наблюдений		Лобченко Е.Е., Емельянова В.П., Ничипорова И.П., Лямперт Н.А., Первышева О.А., Комарова Е.В., Семка В.А	ФГБУ «ГХИ»
	3.3	Содержание основных кислотообразующих веществ в поверхностных водах на станциях мониторинга ЕАНЕТ		Жигачева Е.С., Громов С.А., Томберг И.В., Ходжер Т.В.	ФГБУ «ИГКЭ» ФГБУН «ЛИН СО РАН»
	3.4.	Фоновое состояние пресноводных экосистем по гидробиологическим показателям		Потютко О.М., Кандыба И.В.	ФГБУ «ИГКЭ»
4	МНОГОЛЕТНЕЕ СОСТОЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ СРЕД НА СТАНЦИЯХ СКФМ СНГ		Срыбный А.В., Мельник Е.А. Парамонов С.Г.	Березинский БЗ (Республика Беларусь) ФГБУ «ИГКЭ»	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ			Черногаева Г.М., Парамонов С.Г., Громов С.А.	ФГБУ «ИГКЭ»	