

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

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



ИГКЭ

ОБЗОР
ФОНОВОГО СОСТОЯНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ
НА ТЕРРИТОРИИ СТРАН СНГ ЗА 2017 г.

Под редакцией
профессора Г.М. Черногаевой

2018

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 2017 г.

Под редакцией
профессора Г.М. Черногаевой

2018

В Обзоре представлены обобщенные результаты фоновой мониторинга состояния природной среды на территории стран СНГ за 2017 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, 2018 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля, 2018 г.

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

Фотография на обложке Алтайского заповедника (<http://www.altzapovednik.ru/gallery/virtual-foto/lotov/osen.aspx>), автор Александр Лотов

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	14
	1.2.1. Углекислый газ и метан	14
	1.2.2. Общее содержание озона	19
	1.2.3. Оптическая плотность и прозрачность атмосферы	24
	1.2.4. Электрические характеристики приземного слоя атмосферы	27
	1.3. Химический состав атмосферных осадков	31
	1.3.1. Загрязняющие вещества в атмосферных осадках	31
	1.3.2. Фоновый уровень ионного состава атмосферных осадков	35
	1.4. Загрязнение воздуха и осадков соединениями серы и азота по данным станций мониторинга ЕАНЕТ	42
	1.5. Выпадения серы и азота в результате трансграничного переноса загрязняющих веществ.	45
2.	ПОЧВА И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ	49
	2.1. Фоновое содержание загрязняющих веществ в почвах и растительности	49
	2.2. Содержание загрязняющих веществ в почвах по результатам наблюдательной сети Росгидромета	55
	2.3. Оценка отклика хвойных пород на трансграничное загрязнение воздуха методами международной совместной программы комплексного мониторинга (МСП КМ)	59
3.	ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ	63
	3.1. Фоновые уровни загрязняющих веществ по данным сети СКФМ	63
	3.2. Данные станций гидрохимических наблюдений	65
	3.3. Содержание основных кислотообразующих веществ в поверхностных водах на станциях мониторинга ЕАНЕТ	74
	3.4. Фоновое состояние пресноводных экосистем по гидробиологическим показателям	79
4	МНОГОЛЕТНЕЕ СОСТОЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ СРЕД НА СТАНЦИЯХ СКФМ СНГ. Березинский биосферный заповедник (Республика Беларусь)	88
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	95
	Список сокращений	98
	Список авторов	99

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 2017 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.99.

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 2017 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 2017 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 2017 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.

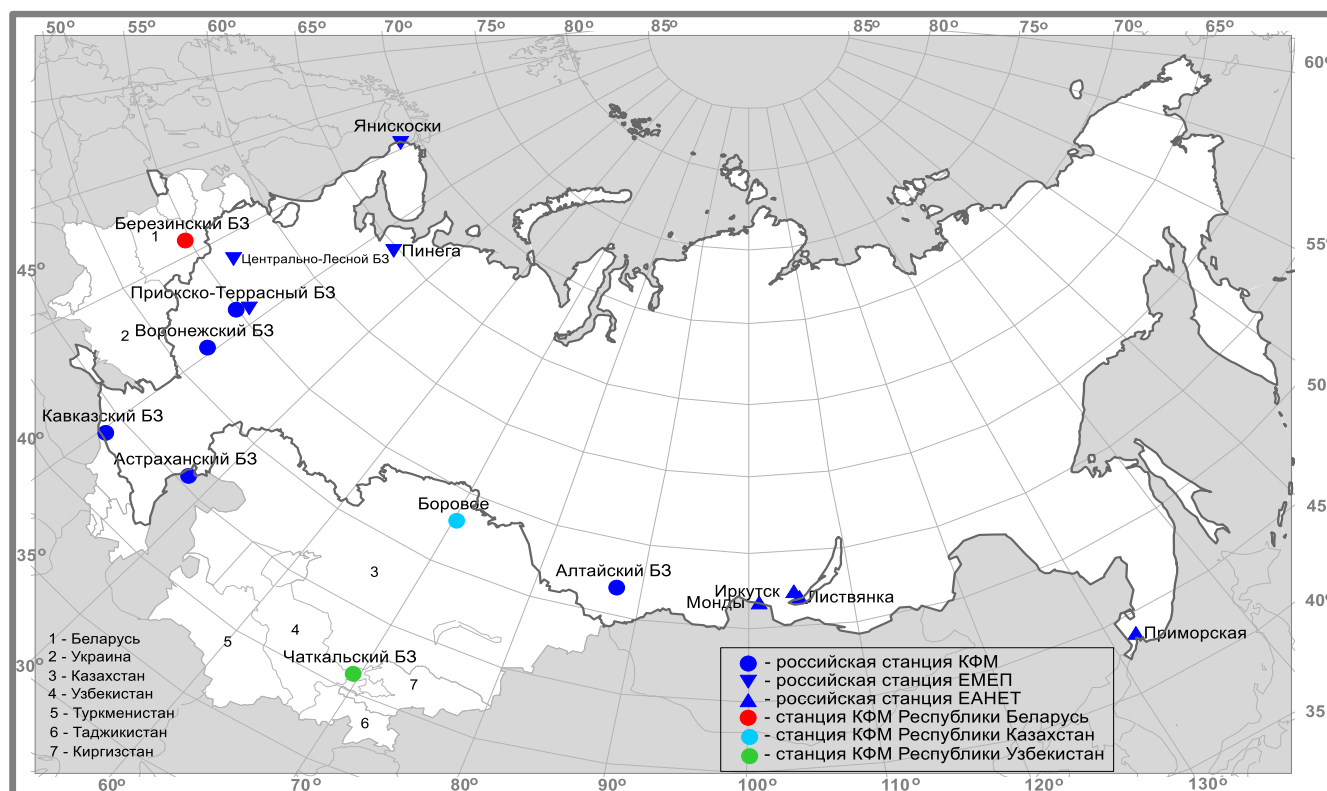


Рис. 1.1. Расположение станций фонового мониторинга природной среды в СНГ

1.1. Фоновое содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

Оценка фоновое загрязнение атмосферного воздуха и осадков выполнена по данным сети станций комплексного фонового мониторинга (СКФМ) и специализированных станций Глобальной службы атмосферы (ГСА ВМО). В 2017 г. наблюдения за фоновым загрязнением атмосферного воздуха проводились на четырех СКФМ, обеспечивая необходимый объем информации только для характеристики регионального фонового загрязнения 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 2016 г. по сентябрь 2017 г.

Тяжелые металлы. Среднегодовые концентрации свинца в воздухе фоновых районов ЕТР составили 1,5– 5,1 нг/м³. Значимых изменений концентраций свинца в атмосфере фоновых территорий по сравнению с 2016 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 $0,3 \text{ нг/м}^3$. На юге ЕТР, в Астраханском БЗ продолжают регистрироваться повышенные уровни кадмия, характерные для наблюдений во всех средах на протяжении десятилетия.

При отсутствии выраженных сезонных изменений содержания в воздухе свинца и кадмия в отдельные дни измерялись максимальные среднесуточные концентрации на уровнях, существенно выше среднегодовых – до $125\text{--}220 \text{ нг/м}^3$ для свинца и $18\text{--}28 \text{ нг/м}^3$ для кадмия, соответственно.

Фоновое содержание ртути в атмосферном воздухе, определяемое только в центральном районе ЕТР, сохраняется стабильно низким: в 2017 г. среднегодовая концентрация составила $3,4 \text{ нг/м}^3$ (табл. 1.1.1).

Хлорорганические пестициды. В 2017 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 в прошлые годы измеряемые значения от 30 до 50% проб были ниже предела обнаружения). В целом в 2017 г. содержание пестицидов в воздухе находилось в пределах изменений уровней их концентраций за последние 10 лет.

Взвешенные частицы. В 2017 г. среднегодовые концентрации взвешенных частиц в воздухе на ЕТР изменялись в пределах $16\text{--}32 \text{ мкг/м}^3$, что на уровне значений последних 10 лет (табл. 1.1.1, рис. 1.1.1). Эпизодическое повышение концентраций взвешенных частиц наблюдалось в теплый период года: отдельные максимальные среднесуточные концентрации превышали 400 и 500 мкг/м^3 (Астраханский и Приокско-Тerrasный 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 2017 г. среднегодовые фоновые концентрации диоксида серы на станциях ЕТР сохранились на низком уровне – около $0,05\text{--}0,3 \text{ мкг/м}^3$ (рис. 1.1.2). В холодный период года наблюдались более высокие концентрации диоксида серы, увеличиваясь в отдельные сутки до $2,5\text{--}4 \text{ мкг/м}^3$ (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.

Диоксид азота. В 2017 г. среднегодовые фоновые концентрации диоксида азота в воздухе на европейской территории сохранились на уровне прошлых лет, изменяясь от $0,6$ до $4,2 \text{ мкг/м}^3$ (рис. 1.1.2). Сезонные изменения фоновых концентраций диоксида азота ясно выражены: в холодный период в центре ЕТР наблюдаются максимальные значения и повышается повторяемость высоких среднесуточных концентраций (табл. 1.1.1).

Сульфаты. В 2017 г. среднегодовые фоновые концентрации сульфатов в центре ЕТР составляли менее $0,6 \text{ мкг/м}^3$, при этом значения меньше 3 мкг/м^3 были зарегистрированы в 95% измерений. В южных районах ЕТР среднегодовые концентрации составляли около $3,1 \text{ мкг/м}^3$ (рис. 1.1.2). 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.

Полиароматические углеводороды. Как и в предыдущие годы, в 2017 г. содержание бенз(а)пирена и бензперилена в атмосфере фоновых районов ЕТР в среднем составляло 0,01-0,08 и 0,006-0,03 нг/м³ соответственно (рис. 1.1.1, табл. 1.1.1). Сезонные изменения концентраций подобны вариациям других продуктов сгорания топлива – диоксидов серы и азота – с летним минимумом и зимним максимумом значений.

Метан. По данным измерений на СКФМ в Приокско-Террасном биосферном заповеднике наиболее высокие концентрации метана были зарегистрированы в зимние месяцы года, с 2014 г. среднее значение в зимний период стабильно превышало 2050 млрд⁻¹. Изменения средних зимних (декабрь-февраль) и средних летних (июнь-август) концентраций метана представлены на рис. 1.1.3. Несмотря на значительные межгодовые вариации, среднегодовые уровни CH₄ возросли примерно на 30 млрд⁻¹ за весь период наблюдений.

Таблица 1.1.1 Результаты наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на станциях комплексного фоновой мониторинга в 2017 г. (числитель – среднегодовое значение, знаменатель – интервал изменений суточных концентраций)

Загрязняющие вещества	Приокско-Террасный БЗ	Воронежский БЗ	Астраханский БЗ	Кавказский БЗ
Pb, нг/м ³	<u>2,53</u> 0,20-29,0	<u>5,12</u> 0,10-125,0	<u>2,81</u> 0,20-222,0	<u>1,51</u> 0,04-131,8
Cd, нг/м ³	<u>0,095</u> 0,004-0,93	<u>0,222</u> 0,036-28,0	<u>1,621</u> 0,010-18,0	<u>0,056</u> 0,005-0,64
Hg, нг/м ³	<u>3,41</u> 0,37-60,3	- *	-	-
SO ₂ , мкг/м ³	<u>0,293</u> 0,050-4,10	<u>0,254</u> 0,010-2,53	<u>0,066</u> 0,010-0,45	<u>0,048</u> 0,010-0,62
NO ₂ , мкг/м ³	<u>4,20</u> 1,10-27,3	<u>3,20</u> 0,80-12,6	<u>0,61</u> 0,05-3,21	-
SO ₄ , мкг/м ³	<u>0,55</u> 0,03-3,03	-	<u>3,07</u> 0,01-26,1	-
Взвешенные частицы, мкг/м ³	<u>31,9</u> 3,0-530	<u>18,6</u> 8,0-32,0	<u>31,2</u> 3,2-422	<u>15,8</u> 3,6-77,4
BP, нг/м ³	<u>0,0797</u> 0,004-1,72	<u>0,0583</u> 0,0008-0,379	<u>0,0109</u> 0,0011-0,129	<u>0,0083</u> 0,0004-0,325
BPL, нг/м ³	<u>0,0299</u> 0,0020-0,869	<u>0,0210</u> 0,0009-0,097	<u>0,0061</u> 0,0012-0,084	<u>0,0055</u> 0,0004-0,143

* - Измерения в 2017 г. не проводились.

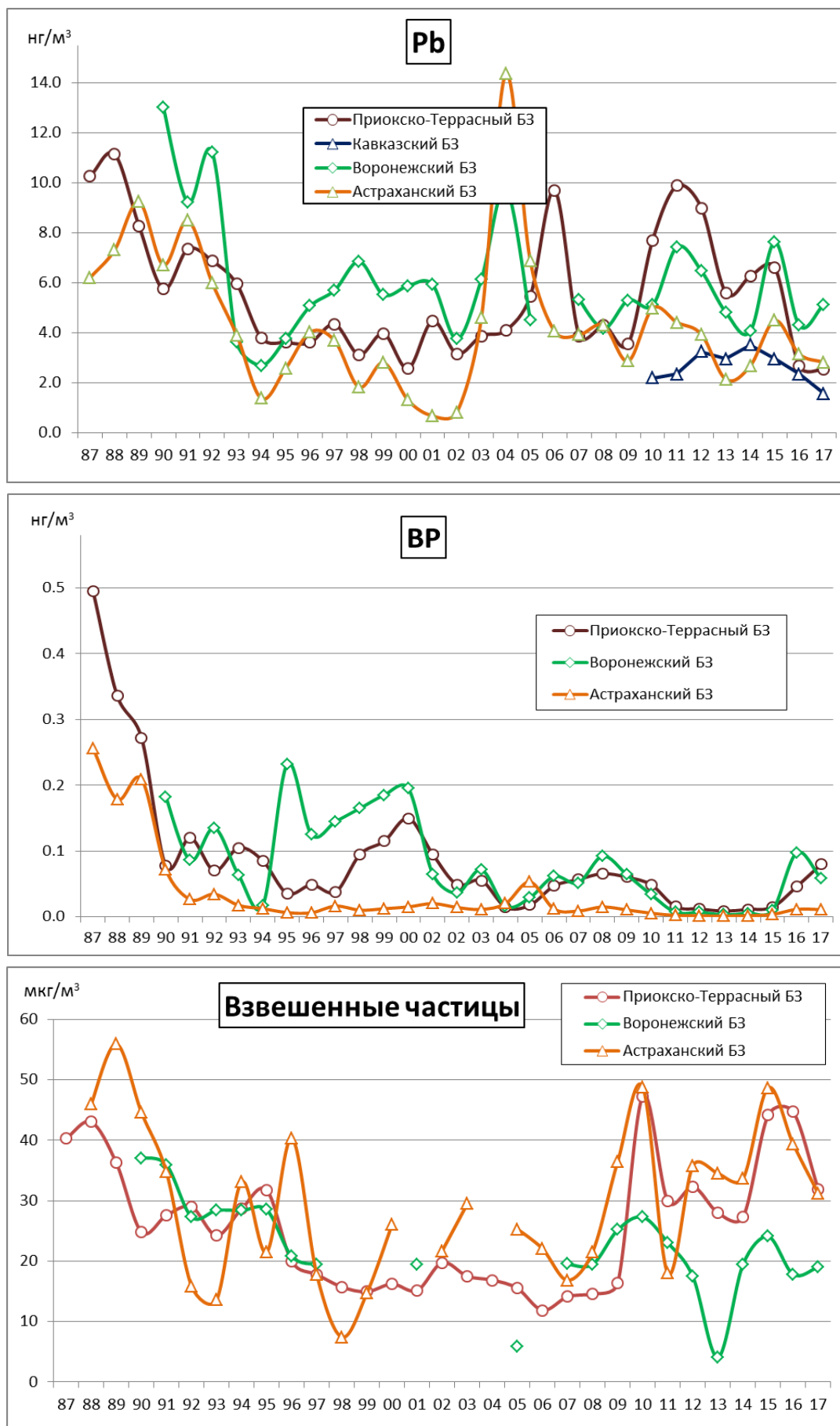


Рис. 1.1.1 Изменение среднегодового содержания свинца, 3,4-бензпирена (нг/м^3) и взвешенных частиц (мкг/м^3) в атмосферном воздухе фоновых районов

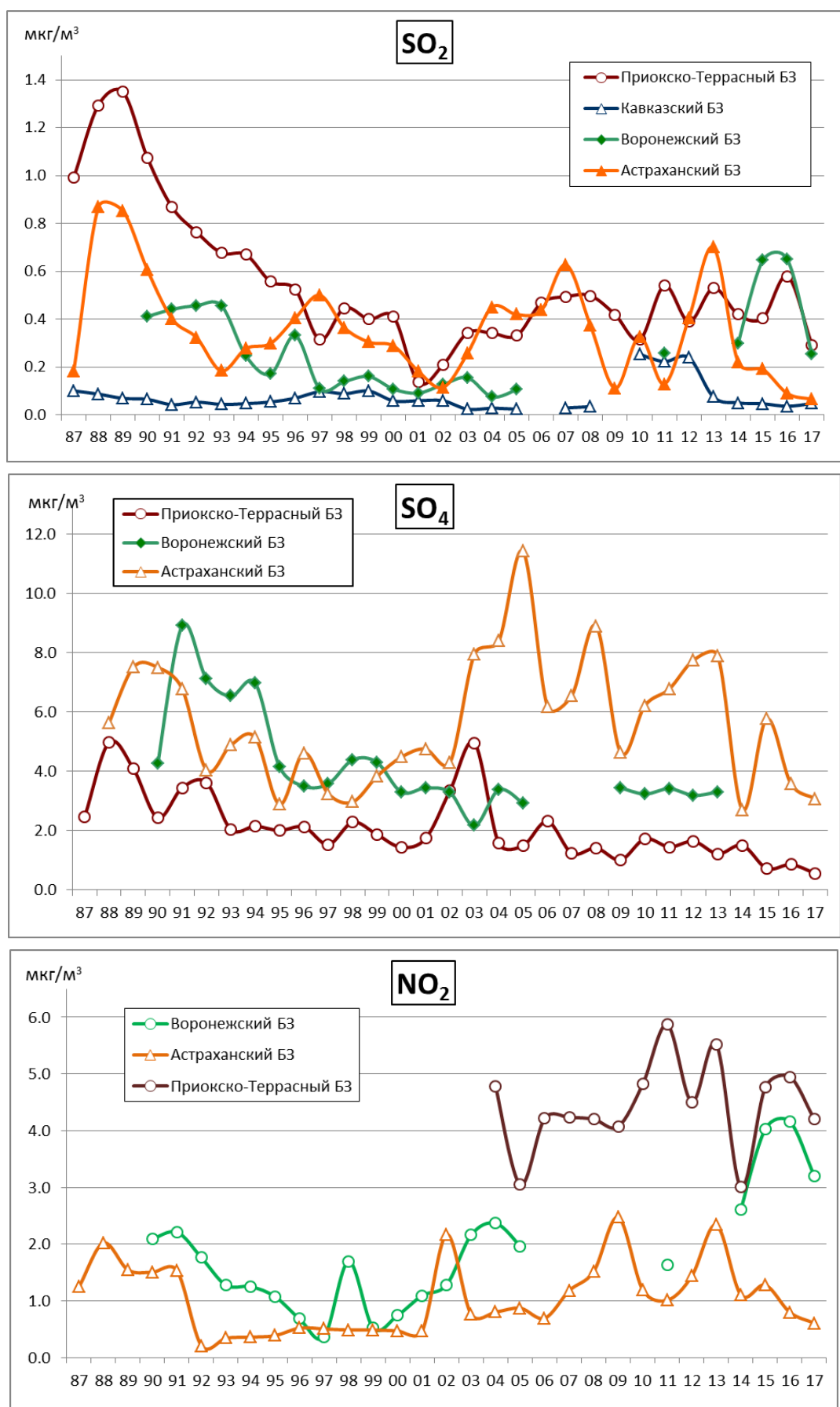


Рис. 1.1.2 Изменение фонового содержания диоксида серы, сульфатов и диоксида азота в атмосферном воздухе фоновых районов (мкг/м^3)

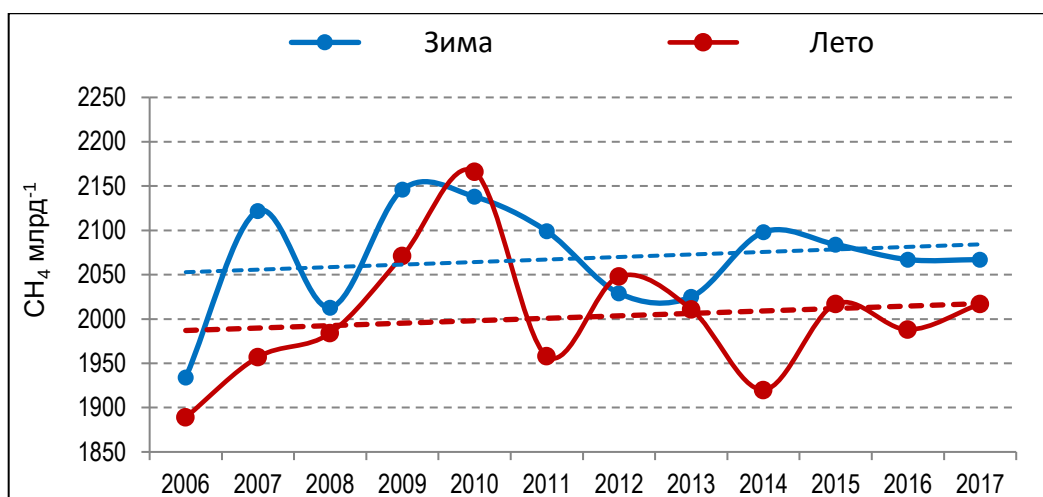


Рис. 1.1.3 Многолетние изменения средних сезонных концентраций CH_4 в приземном слое атмосферы на СКФМ в Приокско-Тerrasном биосферном заповеднике

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. 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 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. 1.2.2. Изменения концентраций парниковых газов для этих станций от года к году показаны на рис. 1.2.1 и 1.2.2 в сравнении с данными станции Барроу.

Таблица 1.2.2 Среднегодовые значения и межгодовые изменения (Δ) концентраций CH₄ и CO₂

Годы	CH ₄ , млрд ⁻¹	Δ CH ₄ , млрд ⁻¹	CO ₂ , млн ⁻¹	Δ CO ₂ , млн ⁻¹
Териберка				
2007	1877,3	6,0	385,0	0,3
2008	1894,9	17,6	388,1	3,1
2009	1905,0	10,1	390,1	2,1
2010	1906,1	1,1	392,3	2,1
2011	1906,8	0,8	394,1	1,8
2012	1910,8	4,0	396,4	2,4
2013	1908,4	-2,4	398,6	2,2
2014	1914,1	5,7	400,4	1,7
2015	1925,0	10,9	401,8	1,4
2016	1948,4	23,4	405,5	3,7
2017	1950,3	1,9	409,6	4,1
Тикси				
2011	1913,2	-	394,2	-
2012	1910,2	-3,0	396,0	1,8
2013	1915,7	5,5	399,1	3,0
2014	1931,4	15,7	400,6	1,5
2015	1940,7	9,3	403,0	2,4
2016	1945,9	5,2	406,1	3,1
2017	1957,1	11,2	408,5	2,4

Рост концентрации CO₂ в атмосфере продолжается: в 2017 г. среднегодовое значение CO₂ на арктических фоновых станциях РФ превысило 408 млн⁻¹, а среднемесячные значения в период сезонного максимума были более 414 млн⁻¹. Среднегодовые концентрации CO₂ на двух рассматриваемых станциях близки, их небольшие расхождения, вероятно, связаны с

региональными особенностями как естественных условий, так и антропогенных источников, определяющих эмиссии/стоки диоксида углерода. Основными естественными стоками CO_2 являются поглощение растительностью в период вегетации и водой свободной от льда акватории Баренцева моря. Более того, содержание CO_2 в атмосфере в районе станции Териберка подвержено влиянию промышленных районов Европы за счет переноса выбросов с воздушными массами.

Характеристики долговременной изменчивости (тренд и сезонный ход), оцененные по данным станции Териберка, имеющей самый длинный ряд наблюдений (29 лет), изменились мало. За период с 2007 по 2017 гг. концентрация CO_2 увеличилась на 6% (на $24,6 \text{ млн}^{-1}$).

В 2017 г. продолжился рост концентрации метана. На станции Териберка было зафиксировано увеличение годовой концентрации CH_4 на $1,9 \text{ млрд}^{-1}$, что существенно меньше в сравнении с 2016 годом ($23,4 \text{ млрд}^{-1}$). Наблюдения показали, что на севере Восточной Сибири (станция Тикси) концентрация CH_4 увеличилась на $11,2 \text{ млрд}^{-1}$, что более, чем в два раза превысило прирост за предыдущий год. За период с 2007 по 2017 гг. атмосферная концентрация CH_4 на побережье Баренцева моря в Териберке возросла на 3,7% (на 73 млрд^{-1}). В 2006-2016 гг., согласно данным МЦД ВМО (данные за 2017 год не опубликованы), среднее глобальное значение концентрации метана увеличилось на 3,6% при среднем глобальном темпе роста в 6 млрд^{-1} .

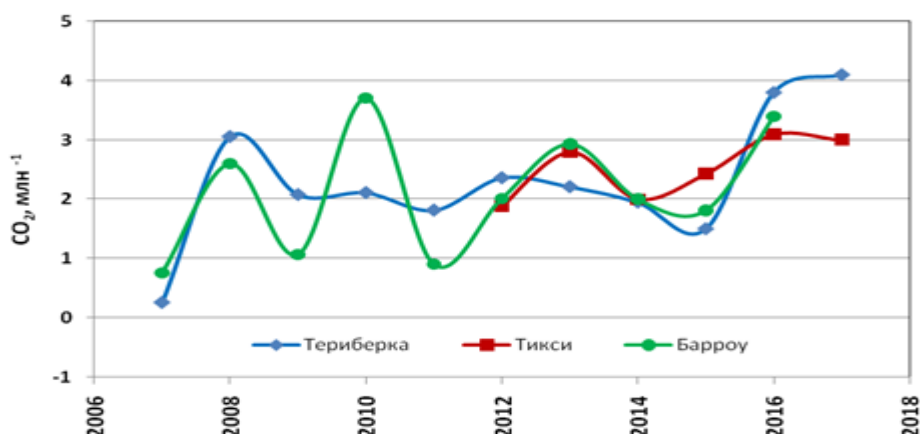


Рис. 1.2.1 Межгодовые изменения концентрации CO_2

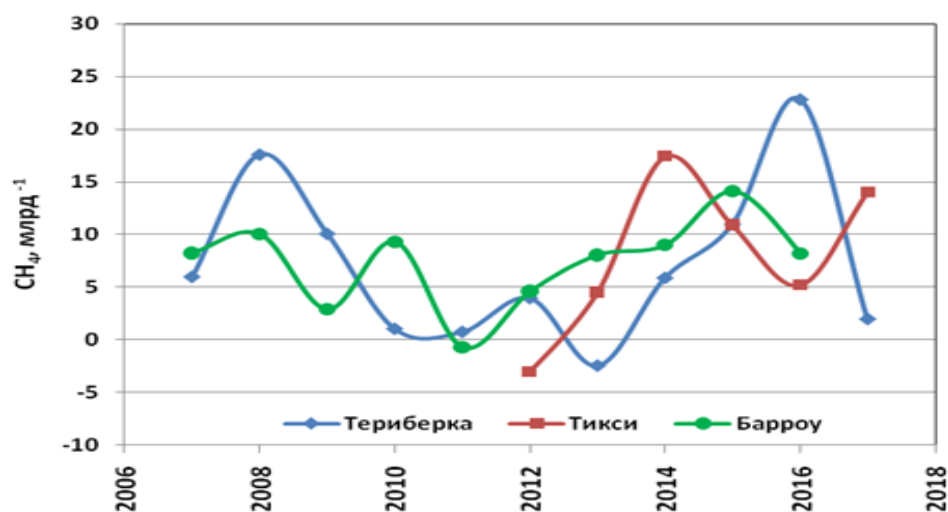


Рис.1.2.2 Межгодовые изменения концентрации CH_4

Влияние источников парниковых газов, действующих в районах расположения станций, рассмотрено на основе определения превышения концентрации над фоновым уровнем, и представлено для станций Новый Порт, Воейково и Санкт-Петербург на рис. 1.2.3 и в табл. 1.2.3. При определении превышения в качестве фонового уровня использованы данные (средние за месяц) станции Териберка.

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 отражают влияние техногенных выбросов ПГ на месторождения природного газа и нефти в Западной Сибири, которые приводят к существенному 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} .

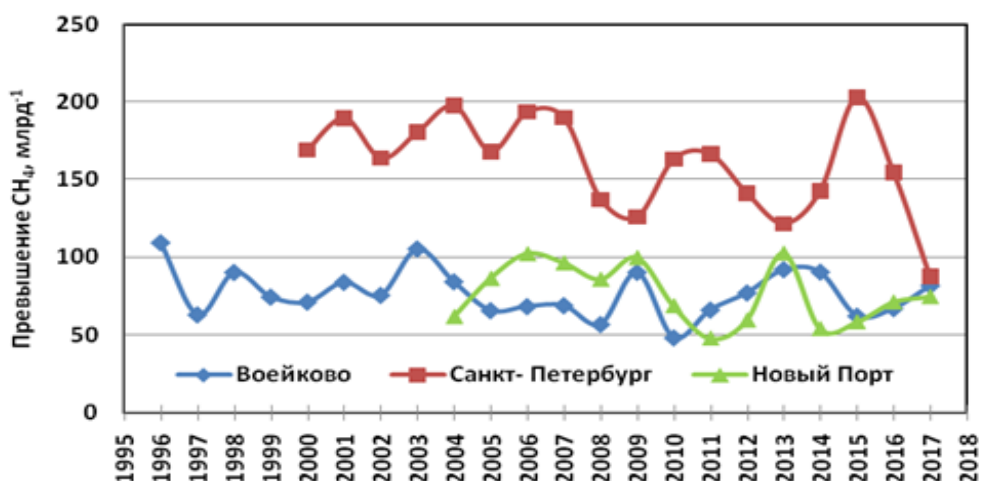


Рис. 1.2.3 Среднегодовые превышения концентраций CH_4 над фоновым уровнем

Таблица 1.2.3 Средние превышения концентраций парниковых газов над фоновым уровнем

Станции мониторинга	Превышения концентраций по периодам осреднения				
Новый Порт	CO ₂	млн ⁻¹	%	млн ⁻¹	%
		2004-2017 гг.		2017 г.	
		4,5	1,1	4,4	1,1
	CH ₄	млрд ⁻¹	%	млрд ⁻¹	%
		2004-2017 гг.		2017 г.	
		76,3	4,1	74,5	3,7
1996-2017 гг.		2017 г.			
76,8		4,1	81,6	4,2	
2000-2017 гг.		2017 г.			
160,9		6,8	87,6	4,5	
Воейково					
Санкт-Петербург					

Как видно из представленных данных, превышения концентраций парниковых газов над фоновым уровнем в 2017 г. на станциях Новый Порт и Воейково не выходят за пределы наблюдаемых за многолетний период вариаций. Превышение концентрации CH_4 в Санкт-

Петербурге уменьшилось почти в два раза по сравнению со средним за 18 лет значением.

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 фоновое 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 4 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». Пробы анализируются газохроматографическим методом в лаборатории ФГБУ «ИГКЭ» на определение молярных концентраций метана и диоксида углерода с погрешностью измерений не более 1,0 %.

В течение 2017 года значения среднемесячной концентрации метана изменялись в диапазоне от 1967 до 2184 млрд⁻¹. Минимальные значения концентраций наблюдались в весенне-летний период, когда отмечается высокое содержание гидроксила (окислителя метана) в атмосфере, а также в октябре и декабре. Максимальные значения концентраций метана отмечались в холодное время года – с ноября по апрель, что связано с более интенсивным переносом воздушных масс к СКФМ из районов антропогенных источников метана.

Среднемесячные концентрации диоксида углерода изменялись в широком диапазоне: от 394,1 до 514,8 млн⁻¹. Минимальные значения концентраций отмечались в весенне-летний период, когда углекислый газ расходовался в результате фотосинтеза. Максимальные значения концентраций наблюдались в холодное время года (с сентября по апрель), что связано с более интенсивной эмиссией углекислого газа из районов антропогенных источников,

Среднемесячные концентрации ПГ по результатам наблюдений за 2012-2016 гг. и за 2017 г. приведены на рис. 1.2.4 и 1.2.5. По графикам видно, что летне-осенние концентрации метана в 2017 г. превышали среднемесячные концентрации газа за 2012-2016 гг. Среднемесячные концентрации углекислого газа с апреля по октябрь (за исключением августа) в 2017 г. превышали среднемесячные концентрации в 2012-2016 гг.

Анализ результатов регулярных наблюдений за содержанием ПГ в атмосферном воздухе на СКФМ Приокско-Тerrasного БЗ позволяет сделать следующие оценки (Рис. 1.2.6):

- 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);
- среднегодовая концентрация метана в 2017 г. составила 2045 млрд⁻¹, превысив на 19 млрд⁻¹ среднее значение за последние пять лет;
- среднегодовые величины концентрации диоксида углерода колеблются в пределах от 434,9 до 465,2 млн⁻¹, интервал изменчивости составляет около 6,7 % от средней концентрации за последние 5 лет (451,3 млн⁻¹ (ppm);
- среднегодовая концентрация диоксида углерода в 2017 г. составила 465,2 млн⁻¹, на 13,9 млн⁻¹ выше среднего значения за последние пять лет.

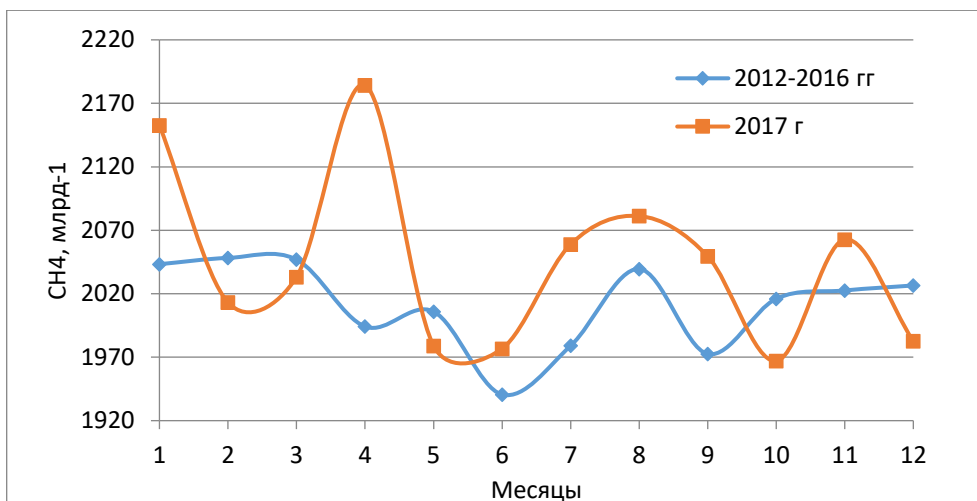


Рис 1.2.4 Среднемесячные концентрации CH_4 за 2012-2016 гг. и за 2017 г. на СКФМ «Приокско-Тerrasный БЗ».

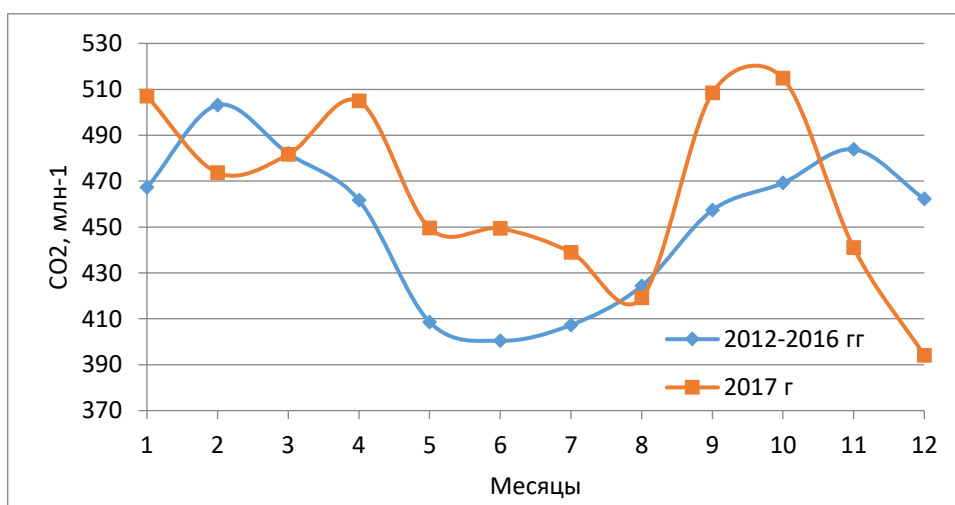


Рис 1.2.5 Среднемесячные концентрации CO_2 за 2012-2016 гг. и за 2017 г. на СКФМ «Приокско-Тerrasный БЗ».

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

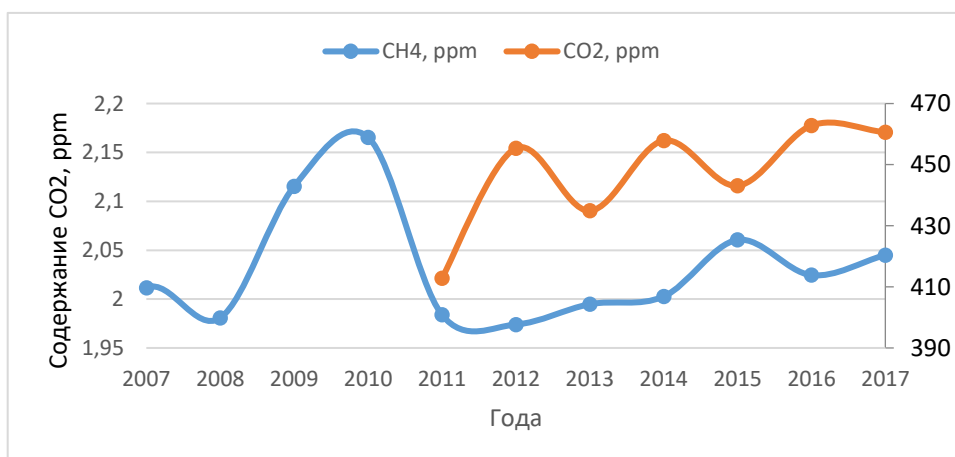


Рис 1.2.6 Среднегодовые концентрации CH_4 и CO_2 за период 2007-2017 гг. на СКФМ Приокско-Тerrasный БЗ.

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.

Поле отклонений среднегодовых значений ОСО от нормы (рис. 1.2.7) в 2017 г. достаточно ровное. Как и в 2016 г., на большинстве озонметрических станций среднегодовые значения ОСО ниже средних многолетних значений за 1974-1984 гг. Долговременную эволюцию ОСО над регионами России иллюстрирует ход среднегодовых значений ОСО над различными станциями (рис. 1.2.8). Особенностью 2017 г. являются низкие среднемесячные значения ОСО в декабре и, как следствие, низкие средние за четвёртый квартал значения ОСО над северными регионами России (рис. 1.2.9 и 1.2.10).

Отклонения среднегодовых значений ОСО от нормы для всех анализируемых станций находятся в интервале от -7 до +1%. Наибольший дефицит среднегодового значения ОСО (-7%) был зарегистрирован на станциях Тура и Оленек на севере Центральной Сибири. Максимальное превышение среднегодового значения ОСО над нормой (+1%) было зарегистрировано на станции Караганда на северо-востоке Казахстана.

В течение 2017 года отдельные существенные отклонения ежедневных значений ОСО от нормы отмечались в марте и ноябре:

- с 17 по 31 марта пониженные на 24-44% среднесуточные значения ОСО над северными районами Сибири и Якутией (252 - 361 ед. Д.);

- с 19 по 21 ноября повышенные на 26-44% среднесуточные значения ОСО над Санкт-Петербургом, Карелией, западными и центральными районами Европейской части территории России (369 - 401 ед. Д.).

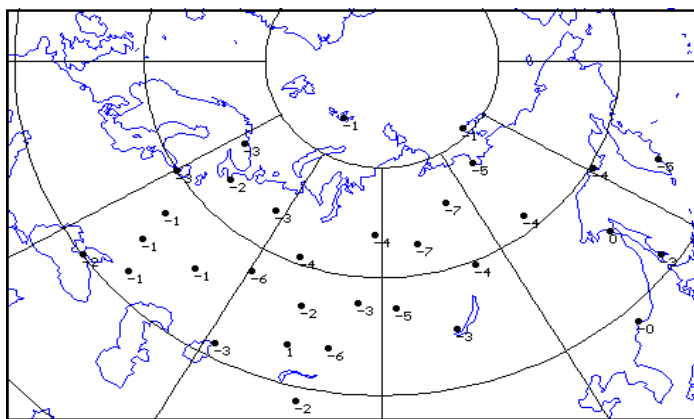


Рис. 1.2.7 Поле отклонений (%) общего содержания озона в 2017 г. от средних многолетних значений по данным озонметрической сети СНГ

Ход ОСО в целом над станциями наблюдений в России удовлетворительно согласуется со среднезональным ходом ОСО в средних широтах Северного полушария (35 – 65°с.ш.).

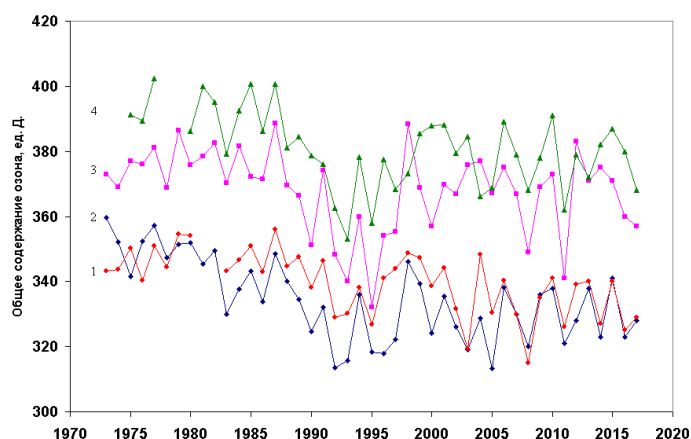


Рис. 1.2.8 Межгодовой ход среднегодовых значений ОСО в пунктах наблюдений: 1 - Екатеринбург (57° N, 61° E), 2 - Санкт-Петербурга (60° N, 30° E), 3 - Якутск (62° N, 130° E), 4 - Нагаево (60° N, 151° E).

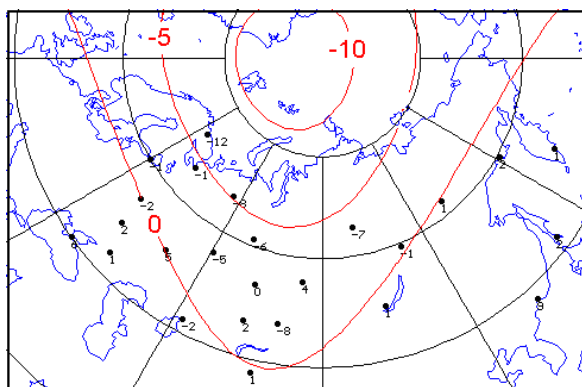


Рис. 1.2.9 Поле отклонений (%) общего содержания озона от средних многолетних значений по данным озонметрической сети СНГ в четвёртом квартале 2017 г.

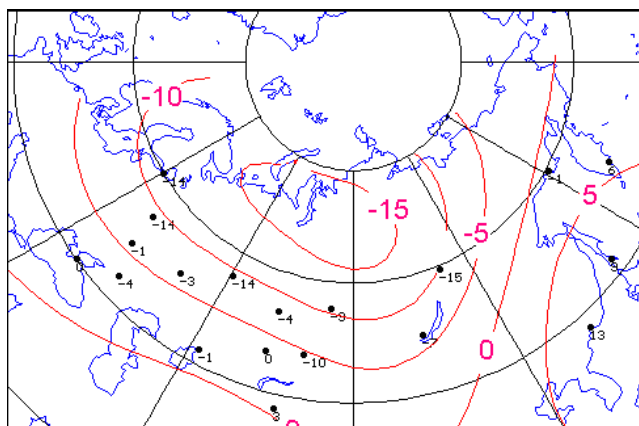


Рис. 1.2.10. Поле отклонений (%) общего содержания озона от средних многолетних значений по данным озонметрической сети СНГ в декабре 2017 г.

Особенности состояния озонового слоя над регионами РФ

Анализ полученных результатов измерений ОСО на озонметрических станциях России в 2017 году, 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. При сравнении наземных измерений ОСО с результатами спутниковых измерений стандартное отклонение ежемесячных значений на 90% станций сети, оснащенной приборами Добсона и Бруера, составило 0,6-2,6%, на 90% станций сети с приборами М-124 составило 1,5–3,5%.

В настоящем обзоре использованы данные озонметрических станций, которые соответствуют нормам качества, удовлетворяющим требованиям ВМО. Продолжительность наблюдений ОСО, выполненных по одной методике, составляет 44 года. 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. 1.2.4).

Таблица 1.2.4 Общее содержание озона в различных регионах России в 2017 г., норма** и отклонения от нормы (%)

Регионы	Месяцы												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Общее содержание озона в 2017 г., е. Д.*													
Север ЕТР	334	333	385	395	386	357	327	309	285	280	291	275	330
Юг ЕТР	366	370	362	370	361	347	330	304	291	303	314	291	334
ЗС	370	395	359	388	377	337	331	311	291	289	298	291	336
ВС	408	423	380	417	389	339	320	300	304	306	334	329	354
ДВ	440	428	413	425	393	360	325	304	304	330	371	424	376
Отклонения ОСО в 2017 г. от нормы, %													
Север ЕТР	-1	-12	-1,4	-0,9	1,8	1,6	-1,5	-2,1	-5,2	-3,3	1,4	-12	-2,9
Юг ЕТР	5,7	-0,4	-4,7	-2,1	-1,4	-0,9	-0,8	-5,2	-5,6	2,0	4,5	-8,9	-1,5
ЗС	2,7	3,2	-9	-1,0	-1,1	-4,6	-0,8	-3,1	-5,9	-2,9	-0,7	-9,8	-2,7
ВС	5	2	-11	-2,6	-3,2	-5,2	-2,1	-5,0	-3,2	-2,4	3,4	-3,4	-2,3
ДВ	3	-4	-9	-1	-1	0,1	-1,6	-2,5	-4,1	-0,3	2,2	7,8	-0,9
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.

Многолетние вариации ОСО над территорией РФ

Наличие норм позволяет объективно оценить долговременные изменения толщины защитного озонового слоя, тренды и тенденции в содержании озона за 44-летний период.

Среднегодовые значения ОСО над территорией РФ в целом за период 1973–2017 гг. представлены на рис. 1.2.11. Весь 44-летний ряд значений ОСО может быть разделен на четыре периода, для которых тренд межгодовых изменений ОСО был различен:

- 1973–1993 гг. – значительное уменьшение ОСО (- 1,4 е.Д./год);
- 1992–1995 гг. – минимальная толщина озонового слоя;
- 1993–1999 гг. – значительный рост ОСО (3,0 е.Д./год);

– 1996–2017 гг. – значительные межгодовые колебания, средний уровень содержания озона (347 е.Д.) несколько ниже нормы, падение ОСО (- 0,4 е.Д./год).

В течение 1973–2017 гг. толщина озонового слоя ниже нормы (353 е.Д.) более чем на 5% наблюдалась в 1992 г. (-5,4%), в 1993 г. (-7,1%), 1995 г. (-5,9%), 2008 г. (-5,4%), 2011 г. (-5,8%). В течение 44 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.

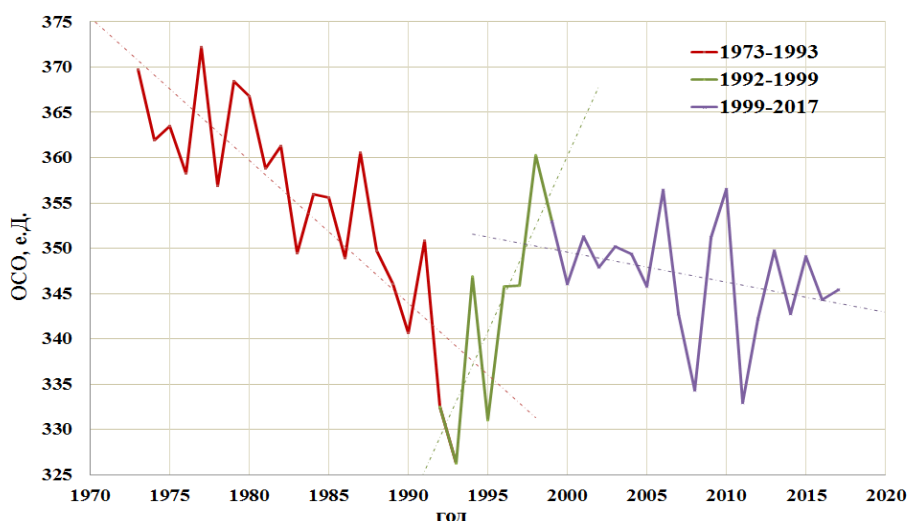


Рис. 1.2.11 Среднегодовые значения ОСО над территорией РФ в период 1973–2017 гг.

Вариации поля ОСО над регионами РФ в 2017 г.

Результаты расчета среднемесячных значений ОСО над регионами РФ в 2017 г. и их отклонения от нормы приведены в табл. 1.2.4 и представлены на рис.1.2.12. Отметим, что, различия между регионами в течение года были небольшими, но в декабре наблюдалась значительная разница значений ОСО над Дальним Востоком и остальными регионами.

На Севере ЕТР среднегодовой уровень ОСО в 2017 г. был ниже нормы (-2,9%). В феврале и декабре наблюдалось аномально низкое содержание озона – на 12% ниже нормы. Как в начале, так и в конце года отмечены резкие колебания ОСО.

На Юге ЕТР среднегодовой уровень ОСО был несколько ближе к норме (-1,5%). Низкие для региона значения ОСО сохранялись в течение всего года, однако, в январе содержание озона значительно превышало норму, на 5,7%, а в декабре наблюдалась наиболее низкая толщина озонового слоя (-8,9%).

Над Западной Сибирью в течение 2017 г. среднегодовой уровень ОСО был также ниже нормы (-2,7%). Максимальное превышение нормы наблюдалось в феврале (+3,2%), наиболее низкие значения ОСО отмечены в марте (-9%) и в декабре (-9,8%).

Над Восточной Сибирью среднее за год содержание озона было довольно низким (-2,3%). Наиболее низкими относительно нормы значения ОСО были в марте (-11%). Наиболее высокие значения ОСО наблюдались в январе (+5%).

На Дальнем Востоке в течение 2017 г. вариации поля озона не сильно отличались от вариаций в других регионах. Только в декабре наблюдалось повышенное количество озона

(+7,8%), в то время как в остальных регионах значения ОСО были заметно ниже нормы.

В среднем за год отклонение значения ОСО от нормы для Дальнего Востока составило -0,9%.

Таким образом, во всех пяти регионах РФ содержание озона было ниже нормы.

Над всей территорией РФ в 2017 г. средняя за год толщина озонового слоя составила 346 е.Д. и оказалась ниже нормы (353 е.Д.) на 2%.

Поле ОСО и особенности циркуляции 2017 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 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.

В 2017 г. в поле озона над РФ можно отметить низкое содержание озона над всеми регионами РФ.

По результатам комплексного анализа аномалии связаны с состоянием циркумполярного вихря в нижней стратосфере. В начале 2017 года он устойчиво наблюдался над Европейской территорией России. В конце года возникла «блокирующая ситуация» после мощного затoka с Атлантики. Примерно в это же время область с повышенным содержанием озона распространилась от Канады на Дальний Восток.

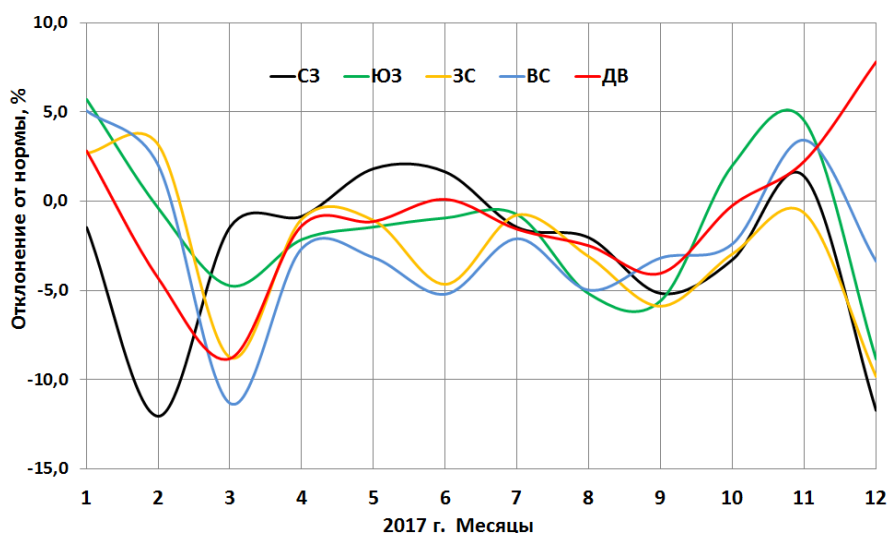


Рис. 1.2.12 Отклонения среднемесячных значений ОСО от нормы в регионах РФ в 2017 г. (СЗ – Север Европейской территории России, ЮЗ – Юг Европейской территории России, ЗС – Западная Сибирь, ВС – Восточная Сибирь, ДВ – Дальний Восток)

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 1.2.5 представлены районы расположения и координаты станций фоновых мониторинга, на которых проводятся наблюдения за ОПА и прозрачностью атмосферы.

Таблица 1.2.5 Координаты региональных станций фоновых 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 фоновыми, указанным на строку выше

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

Средние за 2017 год значения P_2 и ОПА для региональных станций фоновых мониторинга и трех парных им городов в сравнении со значениями 2016 года приводятся в таблице 1.2.6.

Поскольку ОПА более чувствительна к изменению прозрачности атмосферы (см. формулу 1) по сравнению с P_2 , то для получения наиболее наглядного представления о произошедших изменениях в состоянии замутнения атмосферы в дальнейшем будет рассматриваться именно параметр ОПА.

В 2017 году горная станция Шаджатмаз (Северный Кавказ, 2070 м над уровнем моря) по-прежнему является наиболее чистой (ОПА=0,177). Из равнинных региональных станций наименьшая замутненность атмосферы характерна для станции Туруханск (Красноярский край), где средняя за наблюдательный период 2017 г. ОПА = 0,216. На станциях Воейково и Памятное получены близкие среднегодовые значения ОПА (0,245 и 0,247 соответственно), хотя уровень загрязнения на первой станции в основном определяется близостью к г. Санкт-Петербургу (12 км от границы города), а на второй станции – ее степным расположением.

Наиболее высокие значения оптической плотности атмосферы наблюдались в этом году на арктической станции Диксон (0,316).

Таблица 1.2.6 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 2016 гг.

Станция	ОПА $\pm\sigma$ 2017 г.	ОПА $\pm\sigma$ 2016 г.	$P_2\pm\sigma$ 2017 г.	$P_2\pm\sigma$ 2016 г.
Туруханск	0,216 $\pm$ 0,015	0,217 $\pm$ 0,011	0,806 $\pm$ 0,012	0,805 $\pm$ 0,009
Усть-Вымь	0,256 $\pm$ 0,046	0,272 $\pm$ 0,050	0,775 $\pm$ 0,034	0,764 $\pm$ 0,037
Сыктывкар*	-	0,271 $\pm$ 0,057	-	0,762 $\pm$ 0,043
Воейково	0,245 $\pm$ 0,040	0,245 $\pm$ 0,036	0,783 $\pm$ 0,031	0,784 $\pm$ 0,028
Памятное	0,247 $\pm$ 0,023	0,264 $\pm$ 0,039	0,782 $\pm$ 0,018	0,769 $\pm$ 0,030
Курган*	0,274 $\pm$ 0,035	0,276 $\pm$ 0,045	0,761 $\pm$ 0,026	0,760 $\pm$ 0,034
Хужир	0,224 $\pm$ 0,035	0,215 $\pm$ 0,030	0,800 $\pm$ 0,028	0,807 $\pm$ 0,024
Иркутск*	0,241 $\pm$ 0,043	0,233 $\pm$ 0,028	0,787 $\pm$ 0,034	0,794 $\pm$ 0,022
Шаджатмаз	0,177 $\pm$ 0,035	0,169 $\pm$ 0,030	0,838 $\pm$ 0,029	0,845 $\pm$ 0,025
о-в Диксон**	0,316 $\pm$ 0,024	0,267 $\pm$ 0,067	0,718 $\pm$ 0,017	0,768 $\pm$ 0,053

В 2017 году по сравнению с 2016 годом изменения ОПА находились в интервале от -6,4 (Памятное) до +4,7% (Шаджатмаз). На станции Воейково, Туруханск и городской станции Курган* степень замутнения атмосферы в среднем не изменилась, а на станциях Хужир и Иркутск* среднегодовые значения ОПА увеличились менее, чем на 5%. Единственной станцией, на которой ОПА выросла существенно (+18,4%), это арктическая станция Диксон.

Сравнение осредненных за 2017 год значений ОПА с 30-летней нормой ОПА приведены на рис. 1.2.13.

За нормы ОПА принимались средние значения ОПА за период с 1979 по 2012 год. Из этого периода были изъяты 1983–1984 и 1992–1993 годы, 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.

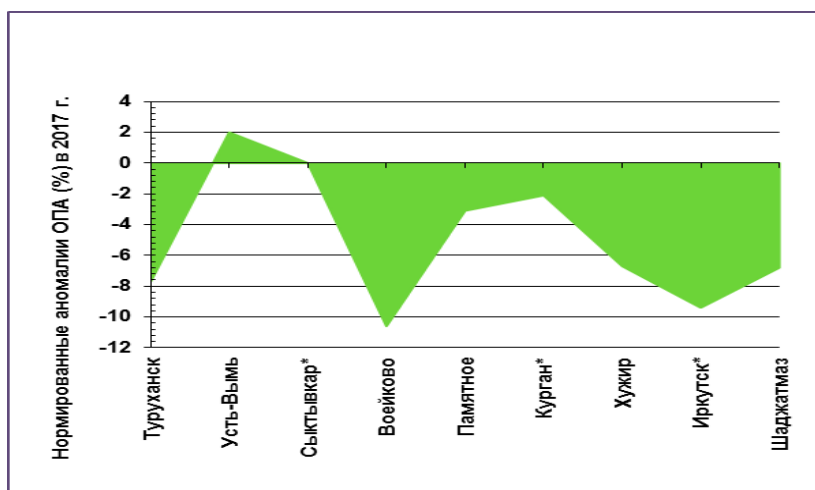


Рис. 1.2.13 Нормированные аномалии ОПА в 2017 г. относительно многолетней нормы

Как видно из рис. 1.2.13, средние годовые значения ОПА в 2017 г. по сравнению с 30-летней нормой были понижены на большинстве станций. Максимальное снижение зафиксировано на станции Воейково (-10,6%). Незначительное превышение нормы ОПА (на 2%) зарегистрировано лишь на одной станции, Усть-Вымь (Республика Коми). Наименее отличается от нормы степень замутнения на станциях Южного Зауралья, Памятное и Курган*.

На рис. 1.2.14 показаны внутригодовые изменения среднемесячных значений ОПА в 2017 году 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, что отчетливо видно из рис. 1.2.14 (б) на примере станций Памятное и Курган*.

Однако в 2017 г. на городской станции Иркутск* в осенне-зимние месяцы имело место аномальное увеличение прозрачности, т.е. снижение ОПА, в результате чего обычно сохраняемое в течение года превышение ОПА в городе по сравнению с фоновой станцией Хужир, расположенной на о-ве Ольхон (оз. Байкал), было нарушено. В январе и феврале среднемесячные значения ОПА на станции Хужир даже превосходили таковые в Иркутске, а в октябре и ноябре находились на одном уровне.

О многолетней изменчивости оптической плотности атмосферы на станциях фоновочного мониторинга позволяет судить изменение в процентах нормированных аномалий ОПА на всех фоновых станциях с начала 1970-х годов и по 2017 г. включительно (рис. 1.2.15).

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 года. После этих извержений значения положительных нормированных аномалий ОПА достигали 40–50%.

В середине 1990 годов 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.

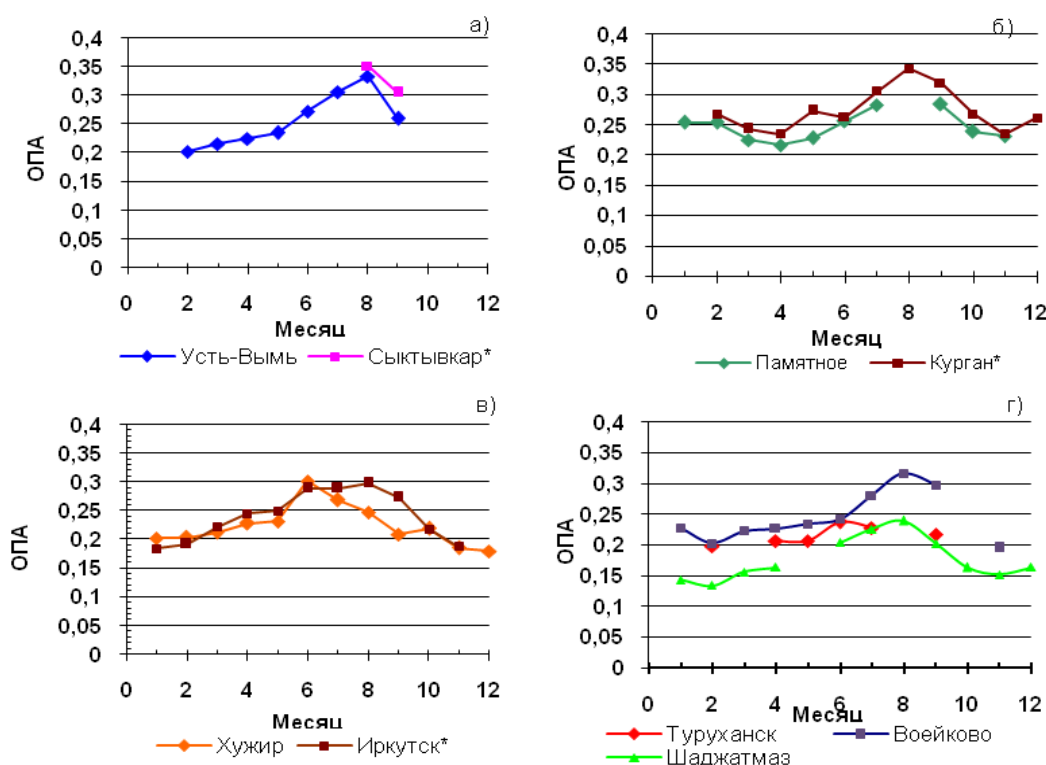


Рис. 1.2.14 Годовой ход ОПА на станциях фоновочного мониторинга в 2017 г.

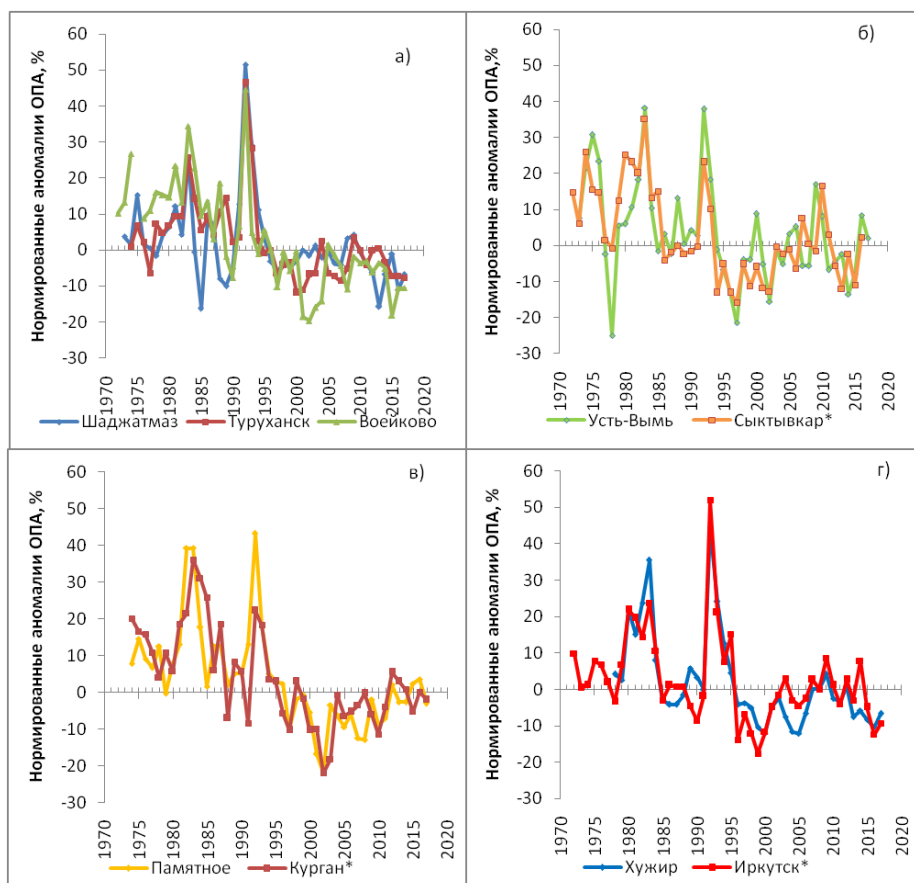


Рис. 1.2.15. Межгодовая изменчивость нормированных аномалий ОПА (%) на станциях фонового мониторинга атмосферы

Минимальные значения нормированных аномалий (до - 20%) пришлись на конец 1990-х – начало 2000-х годов. На большинстве станций к середине первого десятилетия XXI-ого века прозрачность атмосферы вновь начала уменьшаться, и ОПА, соответственно, расти и приближаться к норме.

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.

В 2017 г. измерения V' , L_+ и L_- проводились на всех станциях. Обобщенные по сезонам результаты измерений V' за 2010–2017 гг. приведены в таблице 1.2.7. В таблице 1.2.8 приведены обобщенные по сезонам результаты измерений удельной суммарной электрической проводимости воздуха L_s на станциях Воейково и Иркутск за 2010–2017 гг., на станциях Верхнее Дуброво и Южно-Сахалинск за 2015–2017 гг. В скобках указаны минимальные и максимальные среднемесячные значения измеряемых величин за сезон и год. 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».

Таблица 1.2.7. Сезонные (V_c), среднегодовые (V_r) и среднемесячные минимальные и максимальные (в скобках) значения V' (даВ/м) за 2010-2017 гг. на станциях Верхнее Дуброво (ВД), Воейково (В), Иркутск (И), Южно-Сахалинск (ЮС)

Станция	Год	$V_c, (V')$				$V_r, (V)$
		Зима	Весна	Лето	Осень	
ВД	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)
	2010	24 (23, 25)	17 (14, 20)	14 (12, 15)	21 (16, 29)	18 (12, 29)
В	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)
	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)
И	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)
	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)
ЮС	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)

Из представленных в таблице 1.2.7 данных наблюдений следует, что существенных изменений V' в 2017 г. по сравнению с периодом (2010–2016 гг.) не произошло, хотя на станции Южно-Сахалинск отмечается некоторое снижение сезонных (весна и лето) и годовых значений V' в 2017 году, а в Иркутске некоторое увеличение в летний период. Как следует из таблицы 1.2.8, в 2017 году отмечается незначительное увеличение L_S в Иркутске и также незначительное уменьшение L_S в Верхнем Дуброво и Южно-Сахалинске.

На рис. 1.2.16 представлен годовой ход V' по всем станциям сети за 2017 г. на фоне осредненного годового хода V' за предшествующий период (2008–2016 гг.). На рис. 1.2.17 в такой же форме показан годовой ход L_S по станциям Воейково и Иркутск.

Из рис. 1.2.16 следует, что на станциях Воейково, Верхнее Дуброво и Южно-Сахалинск в 2017 году сезонный ход V' практически совпадает с аналогичными средними значениями за 2008–2016 гг. На станции Иркутск существенное увеличение V' в 2017 г. отмечено с мая по август относительно средних значений за 2008–2016 гг.

На станции Воейково в 2017 г. все среднемесячные значения L_S (за исключением июня) были ниже по сравнению с соответствующими значениями для осредненного годового хода этого параметра за предшествующий период. При этом в марте, августе и ноябре снижение L_S было наиболее заметным. В Иркутске наблюдалось незначительное превышение L_S

относительно соответствующих средних значений за предшествующий период.

Таблица 1.2.8. Сезонные (L_c) и среднегодовые (L_g) значения удельной суммарной электрической проводимости воздуха (фСм/м), минимальные и максимальные среднемесячные значения суммарной электрической проводимости L_s (в скобках) на станциях Воейково (В), Иркутск (И) (2010–2017 гг.), Верхнее Дуброво (ВД) (2015–2017 гг.) и Южно-Сахалинск (ЮС) (2016–2017 гг.)

Станция	Год	$L_c, (L_s)$				$L_g, (L_s)$
		Зима	Весна	Лето	Осень	
В	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)
	2010	18 (16, 22)	18 (15, 22)	21 (20, 21) Н	25 (22, 28)	21 (15, 28)
И	2017	20 (19, 21)	23 (23, 24)	22 (20, 23)	25 (23, 27)	23 (19, 27)
	2016	15 (13, 17)	20 (19, 22)	18 (17, 21)	19 (19, 21)	18 (13, 22)
	2015	25 (22, 27)	24 (22, 27)	16 (14, 19)	22 (18, 26)	22 (14, 27)
	2014	17 (15, 20)	18 (18, 19)	26 (26, 27)	23 (21, 26)	21 (15, 27)
	2013	16 (14, 18)	19 (18, 22)	21 (20, 21)	23 (23, 24)	20 (14, 24)
	2012	14 (14, 14)	16 (14, 17)	17 (15, 20)	18 (16, 20)	16 (14, 20)
	2011	16 (16, 17)	17 (15, 19)	18 (13, 24)	19 (17, 21)	18 (13, 24)
	2010	20 (15, 23)	18 (15, 20)	23 (22, 24)	22 (21, 23)	21 (15, 24)
ВД	2017	13 (13, 14)	13 (12, 15)	14 (14, 15)	17 (16, 17)	14 (12, 17)
	2016	19 (Н)	17 (Н)	16 (16, 16)	18 (14, 19)	17 (14, 19)
	2015	17 (17, 17)	16 (15, 17)	17 (16, 18)	17 (14, 19)	17 (14, 19)
ЮС	2017	7 (6, 9)	8 (6, 10) Н	8 (8, 9)	8 (7, 9)	8 (6, 10)
	2016	11 (Н)	9 (9, 10)	10 (9, 12)	-	10 (9, 12) С
	2015	7 (7, 8)	9 (7, 12)	14 (12, 16)	15 (12, 17)	11 (7, 17)

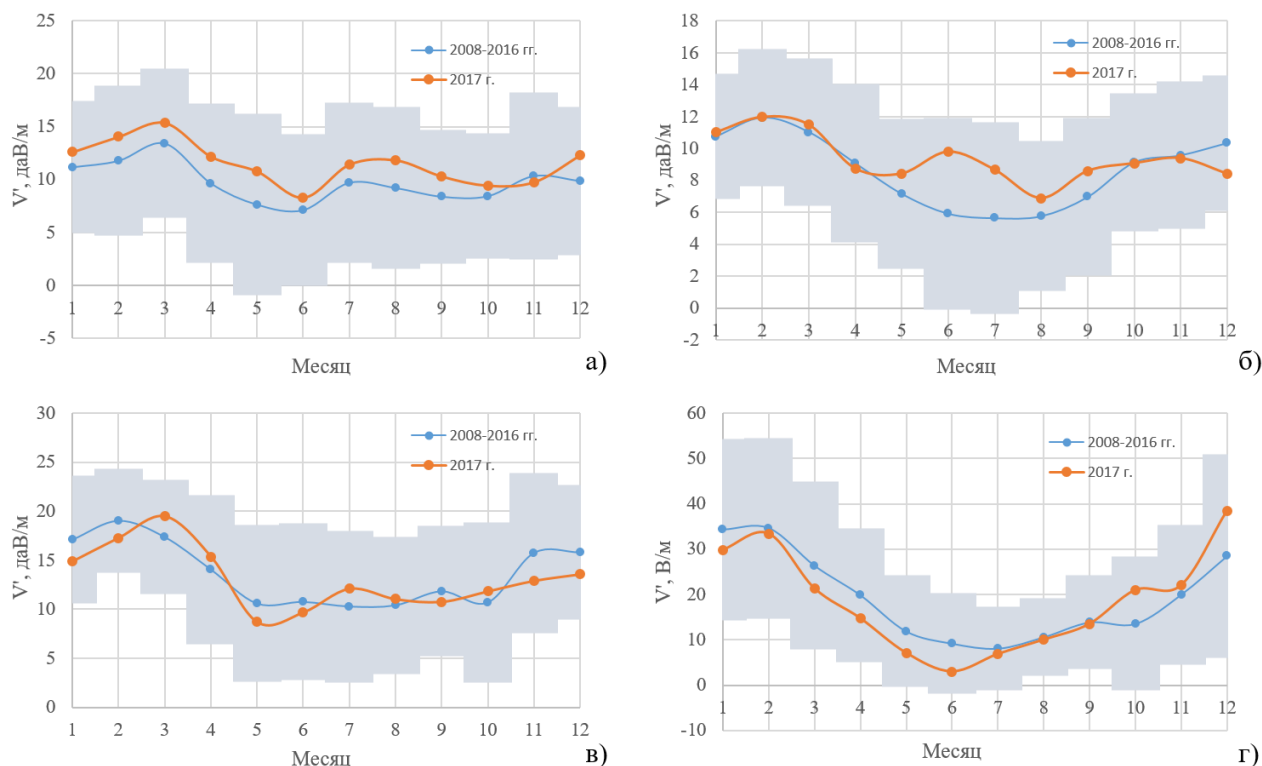


Рис. 1.2.16. Годовой ход V' по станциям атмосферно-электрической сети (а) Воейково, (б) Иркутск, (в) Верхнее Дуброво и (г) Южно-Сахалинск в 2017 г. на фоне осредненного годового хода V' за период 2008–2016 гг. Серым фоном обозначены границы стандартного отклонения $\pm \sigma$ от среднего значения за 2008–2016 гг.

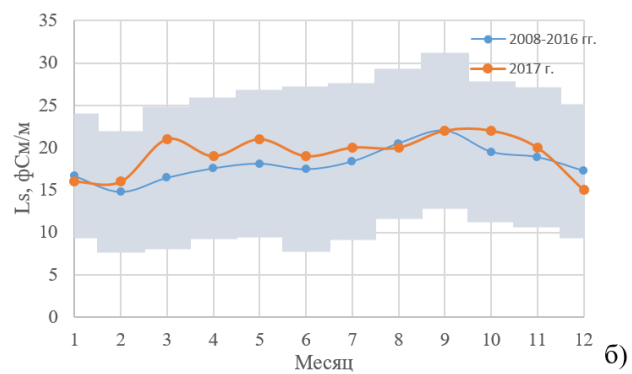
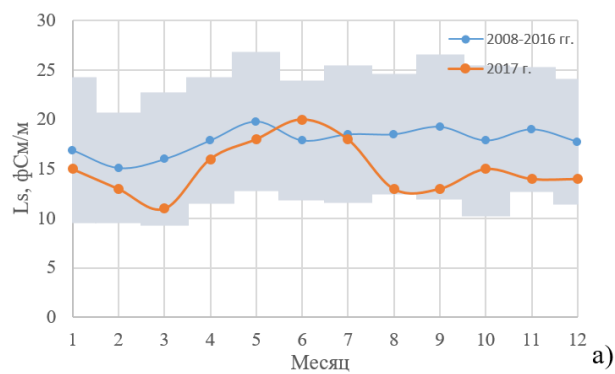


Рис. 1.2.17. Годовой ход L_s по станциям (а) Воейково и (б) Иркутск в 2017 г. на фоне осредненного годового хода L_s за период 2008-2016 гг. Серым фоном обозначены границы стандартного отклонения $\pm\sigma$ от среднего значения за 2008–2016 гг.

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 2016 г. по сентябрь 2017 г.

Тяжелые металлы

Средневзвешенные годовые фоновые концентрации свинца в атмосферных осадках составили: на территории Кавказского БЗ – 1,0 мкг/л, Приокско-Террасного БЗ – 3,0 мкг/л, Астраханского БЗ – 1,2 мкг/л, Воронежского БЗ – 0,6 мкг/л, Алтайский БЗ (Яйлю) – 4,9 мкг/л. Средневзвешенное за год содержание свинца в осадках в Кавказском БЗ в 2017 году было на уровне 2014 г. и выше, чем в два предыдущих года. На территории Приокско-Террасного и Астраханского заповедников концентрации свинца были близки к средним многолетним значениям. На территории Воронежского заповедника в последние годы произошло снижение среднего содержания свинца в атмосферных осадках (табл. 1.3.1, рис. 1.3.1).

Среднемесячные концентрации свинца в осадках на территории Воронежского заповедника мало изменялись в течение года и, как правило, были ниже 1 мкг/л. В осадках на территории Приокско-Террасного заповедника среднемесячные концентрации свинца наблюдались в широком диапазоне - от 0,7 до 6,8 мкг/л. На территории Алтайского заповедника в один из месяцев была зафиксирована максимальная концентрация свинца 13 мкг/л. На территории Астраханского заповедника среднемесячное содержание свинца в атмосферных осадках наблюдалось от значений ниже или около предела обнаружения до 3 мкг/л, а в Кавказском заповеднике - до значений немного ниже 2 мкг/л.

На территории Кавказского и Приокско-Террасного БЗ влажные выпадения свинца в 2017 году составили менее 2 мг/м² (1,76 и 1,95 соответственно), в Алтайском БЗ – около 4 мг/м², в Воронежском БЗ – около 0,3 мг/м². На территории Астраханского БЗ влажные выпадения свинца были самыми низкими - около 0,13 мг/м² за 10 месяцев. При этом количество осадков в Астраханском заповеднике также самое низкое, выпавших осадков в августе и сентябре даже было недостаточно для измерений.

В 2017 году средневзвешенные годовые фоновые концентрации кадмия в атмосферных осадках на территориях большинства заповедников (за исключением Алтайского заповедника) были близки к значениям предыдущего года (табл. 1.3.1, рис. 1.3.1) и составили: в Кавказском БЗ – 0,04 мкг/л, Приокско-Террасном БЗ – 0,17 мкг/л, Воронежском БЗ – 0,12 мкг/л, Алтайском БЗ – 0,05 мкг/л.

Среднемесячные концентрации кадмия в осадках на территории Кавказского БЗ были менее 0,05 мкг/л, за исключением марта и августа 2017 г. (зафиксированные концентрации были выше 0,1 мкг/л); на территории Приокско-Террасного БЗ - значительно отличались в разные месяцы: от минимальной 0,02 мкг/л в январе (что аналогично зафиксированному в 2016 г.) до максимальной 0,6 мкг/л в марте. В Алтайском БЗ среднемесячные концентрации изменялись в широком диапазоне, более чем на порядок, от 0,01 до 0,6 мкг/л, что не являлось характерным для данной территории по результатам предыдущих лет. Среднемесячные концентрации кадмия в осадках в Воронежском БЗ, в основном, не превышали 0,15 мкг/л, за исключением одного случая высокого содержания (0,46 мкг/л) в августе 2017 г.; в январе,

апреле и мае 2017 г. концентрации кадмия были минимальными - на уровне 0,05 мкг/л.

На территориях Приокско-Террасного, Воронежского и Кавказского БЗ влажные выпадения кадмия в 2017 составили менее 0,1 мг/м². В Астраханском и Алтайском БЗ влажные выпадения кадмия были аномально высокими.

В 2017 г. средневзвешенные годовые фоновые концентрации ртути в атмосферных осадках составили для: Кавказского БЗ – 1,65 мкг/л, Приокско-Террасного БЗ – 0,13 мкг/л, Воронежского БЗ – 0,07 мкг/л, Алтайский БЗ – 0,16 мкг/л, Астраханского БЗ- 5,37 мкг/л. Значение среднегодовой концентрации ртути в осадках на территории Кавказского БЗ в 2017 году была значительно выше, чем в предыдущие годы. На территориях Приокско-Террасного и Воронежского БЗ концентрации ртути соответствовали средним уровням предыдущих лет (табл. 1.3.1, рис. 1.3.1).

Почти все среднемесячные значения содержания ртути в осадках Кавказского БЗ были выше, чем в предыдущие годы, превышали 0,5 мкг/л, а в июле 2017 – выше 10 мкг/л. Среднемесячные концентрации ртути на территории Приокско-Террасного БЗ были ниже, чем в предыдущие годы: в большей части случаев они были на уровне 0,1 мкг/л или ниже, однако в течение трех месяцев значения составляли от 0,25 до 0,30 мкг/л. Среднемесячные концентрации ртути в осадках на территории Алтайского БЗ в 2017 году были выше обычных уровней и изменялись в широком диапазоне - от 0,04 до 0,6 мкг/л. Низкие значения концентраций в Воронежском БЗ характерны для последних лет: почти все значения были ниже 0,1 мкг/л, только в сентябре 2017 года концентрация составила 0,18 мкг/л. В Астраханском БЗ среднемесячное содержание ртути в осадках различалось более чем на порядок, а, если учитывать экстремально высокую концентрацию в апреле 2017 г. (около 34 мкг/л), то различия достигали двух порядков: минимальные находились на уровне 0,4 мкг/л, высокие – от 1,5 до почти 6 мкг/л.

На территории Приокско-Террасного БЗ влажные выпадения ртути за год составили около 0,07 мг/м², на территории Воронежского заповедника – около 0,035 мг/м², Кавказского БЗ – около 3 мг/м² (половина выпадений приходилась на июль 2017 г.), Алтайского заповедника – около 0,1 мг/м² (треть выпадений была отмечена в октябре 2016 г.), Астраханского БЗ - около 0,5 мг/м².

В 2017 году средневзвешенные годовые фоновые концентрации меди в атмосферных осадках составили на территориях ООПТ: Кавказского БЗ – 4,9 мкг/л, Приокско-Террасного БЗ – 9,1 мкг/л, Воронежского БЗ – 8,6 мкг/л, Алтайского БЗ – 8,4 мкг/л, Астраханского БЗ- 3,6 мкг/л. Средневзвешенные годовые фоновые концентрации меди в атмосферных осадках на территориях Кавказского и Приокско-Террасного БЗ были заметно выше предыдущих лет, а в Воронежском и Астраханском БЗ соответствовали уровню предыдущих лет (рис. 1.3.1).

Среднемесячные концентрации меди в осадках в Кавказском БЗ в течение года варьировали от 0,6 мкг/л до 26 мкг/л; на территории Приокско-Террасного БЗ большая часть значений была в диапазоне от 3 до 11 мкг/л, но для двух месяцев были зафиксированы концентрации более 20 мкг/л. В Алтайском и Астраханском БЗ концентрации изменялись от 1,5 до 9 мкг/л (за исключением октября 2016 г. (15 мкг/л) и мая 2017 г. (37 мкг/л) в Алтайском заповеднике). Среднемесячные концентрации меди на территории Воронежского БЗ различались примерно в 5 раз: от 3,4 до 16,7 мкг/л.

На территории Приокско-Террасного БЗ влажные выпадения меди в целом за год составили более 5 мг/м², на территории Воронежского заповедника – около 4 мг/м²,

Кавказского БЗ – более 9 мг/м² (более половины выпадений было отмечено в мае 2017 г.), Алтайского заповедника – около 6 мг/м², Астраханского БЗ – менее 0,5 мг/м².

Полиароматические углеводороды

В 2017 году среднегодовые фоновые концентрации бенз(а)пирена в атмосферных осадках составили на территориях: Приокско-Террасного БЗ – 1,47 нг/л, Воронежского БЗ – 1,28 нг/л, Астраханского БЗ – 1,08 нг/л, Кавказского БЗ – 1,12 нг/л, концентрации бензперилена – 0,92 нг/л, 1,06 нг/л, 1,12 нг/л и 1,03 нг/л соответственно. По сравнению с 2016 годом, когда среднегодовые концентрации БП выросли почти в два раза, средняя концентрация полиароматических углеводородов сохранилась на прежнем уровне, дальнейший рост содержания ПАУ не наблюдается (табл. 1.3.1, рис. 1.3.2).

Хлорорганические пестициды

В 2017 году отмечается увеличение среднегодовых значений содержания сумм изомеров ГХЦГ в атмосферных осадках практически на всех фоновых станциях юга ЕТР (в Воронежском БЗ наблюдается незначительное снижение концентрации) (табл. 1.3.1, рис. 1.3.2).

Концентрация ДДТ и его метаболитов в осадках в 2017 году снизилась во всех заповедниках, кроме Воронежского БЗ, где отмечалось значительное превышение средних многолетних значений пестицидов как в атмосферных осадках (концентрация около 3000 нг/л, табл. 1.3.1), так и в поверхностных водах. Повышенное содержание ДДТ в атмосферных осадках, выпадающих в Воронежском БЗ, наблюдается в течение последних 3 лет. Наиболее высокое содержание ДДТ в суммарных месячных пробах атмосферных осадков было зарегистрировано в период с июля по ноябрь 2016 года, до 71748 нг/л. При этом концентрации его изомеров (ДДД и ДДЕ) оставались низкими, что свидетельствует о том, что источник ДДТ должен быть расположен поблизости. В этот же период наблюдалось сильное загрязнение воды реки Усмань, протекающей в районе главной усадьбы заповедника, поэтому интенсивность источника ЗВ оценивается как весьма значительная. Наиболее вероятно, что резкий рост загрязнения атмосферных осадков и поверхностных вод может быть вызван несанкционированным использованием ДДТ против вредителей садов, занимающих значительные площади вокруг территории Воронежского БЗ.

Таблица 1.3.1 Уровни содержания загрязняющих веществ в атмосферных осадках фоновых районов по результатам наблюдений СКФМ и среднегодовые концентрации за 2017 г.

Заповедник	Период наблюдений	Свинец, мкг/л		Кадмий, мкг/л		Ртуть, мкг/л	
		Диапазон	2017 г	Диапазон	2017 г	Диапазон	2017 г
Кавказский БЗ	1982-2017	0,19 - 69,0	1,0	0,020 - 49,0	0,04	0,001 - 22,4	1,65
Приокско-Террасный БЗ	1983-2017	0,2 - 696,0	3,0	0,009 - 20,0	0,17	0,01 - 80,0	0,13
Астраханский БЗ	1987-2017	0,05 - 91,0	1,2			0,02 - 376,0	5,37
Воронежский БЗ	1989-2017	0,18 - 44,2	0,6	0,025 - 19,0	0,12	0,001 - 311,0	0,07
Яйлю	1998-2017	0,25 - 48,0	4,9	0,011 - 12,5	0,05	0,001 - 0,97	0,16

Заповедник	Период наблюдений	Бенз(а)пирен, нг/л		сумма-ДДТ, нг/л		γ-ГХЦГ, нг/л	
		Диапазон	2017 г	Диапазон	2017 г	Диапазон	2017 г
Кавказский БЗ	1982-2017	0,05 - 61,0	1,12	1,01 - 1811	48,6	0,25 - 190	64,0
Приокско-Террасный БЗ	1983-2017	0,05 - 28,0	1,47	1,5 - 1729	91,8	0,25 - 12960	2,9
Астраханский БЗ	1987-2017	0,05 - 22,72	1,08	1,5 - 994	26,4	0,3 - 1397	104,4
Воронежский БЗ	1989-2017	0,05 - 10,4	1,28	1,0 - 71748	2903,15	0,23 - 40,7	23,4
Яйлю	1998-2017	0,1 - 14,0	1,05	0,4 - 350	176,48	0,1 - 398	36,12

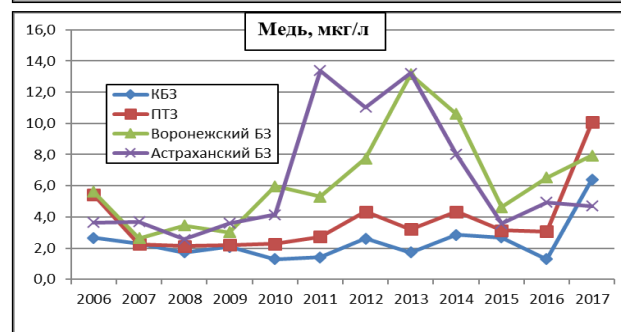
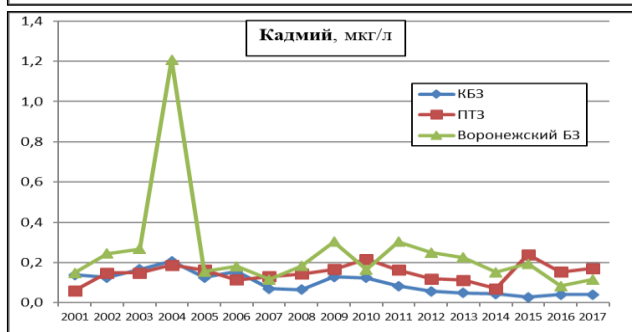
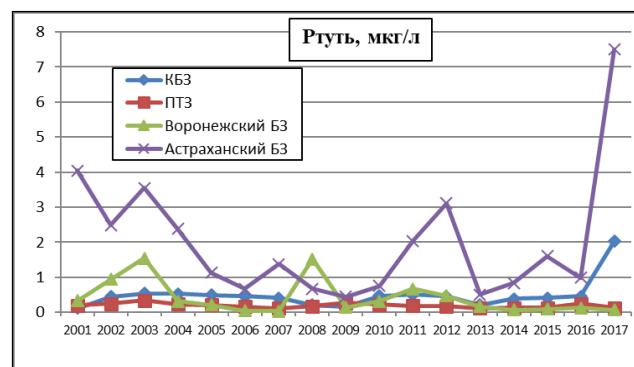
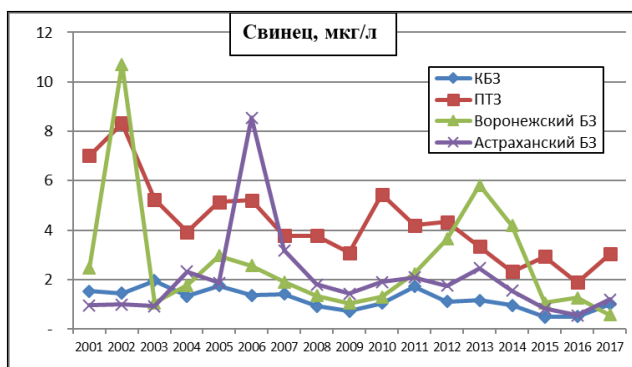


Рис. 1.3.1 Изменение среднегодового содержания тяжелых металлов в атмосферных осадках фоновых районов в 2006-2017 гг.

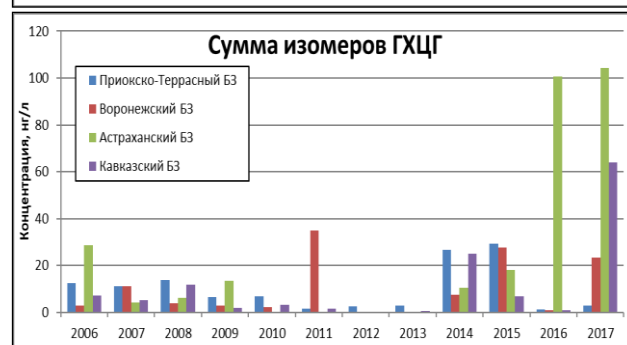
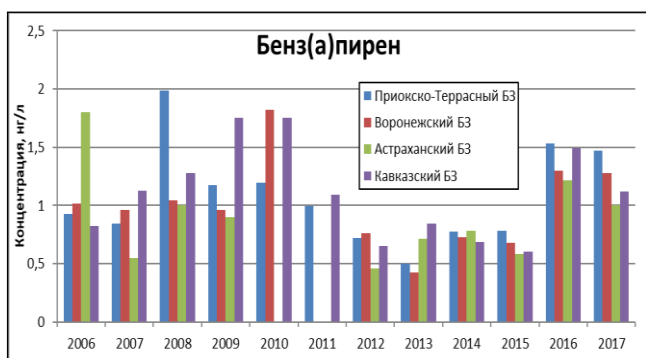


Рис. 1.3.2 Изменение среднего содержания органических загрязняющих веществ в атмосферных осадках фоновых районов в 2006-2017 гг.

1.3.2. Фоновый уровень ионного состава атмосферных осадков

В систему Глобальной службы атмосферы (ГСА) ВМО входит 11 региональных станций, распределенных на: равнинные станции, расположенные на Европейской территории России (ЕТР) - Усть-Вымь, Воронежский и Приокско-Тerrasный 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 (сеть ЕАНЕТ) отбор проб производился ежесуточно.

Основные характеристики химического состава осадков (ХСО) фоновых станций представлены в табл. 1.3.2.

Таблица 1.3.2. Средневзвешенные концентрации ионов, величины минерализации (М), рН и удельной электропроводности (к) в осадках на станциях фонового мониторинга, 2017 г.

Станция	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	М	рН		к, мкСм/см
	мг/л										мин.	сред.	
Усть-Вымь	1,0	0,4	0,8	4,8	0,5	0,4	0,2	1,2	0,1	9,4	5,0	5,8	15,0
Приокско-Тerrasный БЗ	0,9	0,5	1,1	0,3	0,4	0,2	0,1	0,3	0,1	3,9	4,6	5,2	11,8
Воронежский БЗ	2,0	0,8	1,7	0,4	0,4	0,5	0,3	0,5	0,1	6,7	4,4	5,2	18,5
Кавказский БЗ	1,5	0,7	0,9	2,6	0,3	0,3	0,1	1,1	0,1	7,6	4,6	5,7	15,1
Шаджатмаз	1,4	0,5	1,5	3,1	0,7	0,2	0,2	1,0	0,2	8,8	5,4	6,2	17,2
Памятная	2,5	1,3	1,2	2,1	0,5	0,9	0,5	0,8	0,2	10,0	4,7	5,8	25,3
Туруханск	1,6	0,7	0,6	1,2	0,2	0,5	0,3	0,4	0,2	5,7	4,3	5,8	14,6
Хужир	2,2	0,5	0,4	1,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	5,6	5,5	5,9	13,3
Приморская	4,2	1,7	2,4	1,4	1,2	0,9	0,6	1,2	0,4	14,0	5,0	6,0	34,0
Терней	1,7	1,1	2,3	0,1	0,3	0,6	0,2	0,7	0,2	7,2	4,3	5,3	16,4
Тикси	3,0	1,3	0,5	4,8	0,5	2,7	1,0	0,9	0,5	17,2	4,9	6,2	34,4

За период 2013-2017 гг. абсолютные минимальные значения минерализации за месяц наблюдались в осадках ст. Туруханск и Приокско-Тerrasный БЗ и составили соответственно 2,5 мг/л (2017 г.) и 2,6 мг/л (2013 и 2014 гг.). Минимальные за месяц значения минерализации (3-4 мг/л) были характерны также для осадков Кавказского БЗ. Максимальные значения минерализации (20-30 мг/л) были определены в осадках станций Усть-Вымь, Шаджатмаз и Памятная. Абсолютный максимум минерализации был определен в осадках Усть-Выми и составил 30,8 мг/л (июнь, 2017 г.).

Средневзвешенная за 2017 г. величина суммы ионов в сравнении с средней за период 2013-2017 гг. снизилась в осадках Приокско-Тerrasного БЗ на 20% и ст. Шаджатмаз на 34%, увеличилась в осадках станций Тикси и Приморская соответственно на 50 и 30%. Осадки остальных станций характеризуются практически неизменной величиной суммы ионов в пределах 10-15% (табл. 1.3.3).

На рис. 1.3.3 представлен вклад ионов (в %) в суммарную минерализацию осадков. В среднем минерализация, удельная электропроводность, содержание основных ионов выше в осадках АТР, чем на ЕТР.

В осадках практически всех станций, за исключением Усть-Вымь и Шаджатмаз,

наибольший вклад в минерализацию вносили сульфат-ионы, процентное содержание которых варьировало от 18 (Терней) до 24% (Хужир). Для осадков ЕТР, в том числе для горных станций, характерно повышенное содержание азотосодержащих соединений ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$). В ХСО АТР и прибрежных станций отмечается более высокое содержание сульфатов и хлоридов.

Таблица 1.3.3. Средневзвешенные концентрации ионов и величины pH и удельной электропроводности (k) в осадках на станциях фонового мониторинга, 2013-2017 гг.

Станция	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	HCO_3^-	NH_4^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	M	pH		k, мкСм/см
	мг/л										мин.	сред.	
Усть-Вымь	1,4	0,6	1,1	4,0	0,7	0,5	0,2	0,9	0,2	9,6	5,3	6,1	17,8
Приокско-Террасный БЗ	1,0	0,5	1,1	1,0	0,3	0,2	0,1	0,6	0,1	4,9	4,6	5,7	12,2
Воронежский БЗ	1,9	0,8	1,5	1,2	0,3	0,5	0,3	0,7	0,2	7,4	4,7	5,6	18,4
Кавказский БЗ	1,2	0,6	0,7	2,6	0,3	0,3	0,1	1,1	0,2	7,1	5,1	6,1	16,0
Шаджатмаз	1,6	0,7	1,8	5,8	0,7	0,4	0,3	1,6	0,4	13,3	5,7	6,4	23,4
Памятная	2,4	1,1	1,4	2,0	0,5	0,7	0,4	0,9	0,3	9,7	4,8	5,8	22,2
Туруханск	1,7	0,8	0,6	1,7	0,2	0,6	0,3	0,4	0,3	6,6	4,7	5,9	15,0
Хужир	1,8	0,4	0,5	2,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,2	6,6	5,7	6,1	13,6
Приморская	3,6	1,4	1,5	1,2	0,7	0,8	0,4	1,0	0,2	10,8	4,2	5,8	27,5
Терней	2,1	1,4	1,1	0,2	0,4	0,8	0,2	0,6	0,1	6,9	4,4	5,4	17,2
Тикси*	2,3	1,4	0,4	3,4	0,4	1,7	0,7	0,8	0,4	13,3	4,9	6,2	31,1

*Примечание: данные по Тикси рассчитаны за 2016-2017 гг.

В осадках ЕТР и горных станций среди катионов преобладают аммоний и кальций, суммарное содержание которых варьировало от 27 (Воронежский БЗ) до 38% (Шаджатмаз). Для осадков АТР и прибрежных станций характерно повышенное содержание магния. Содержание калия не превышало 7%.

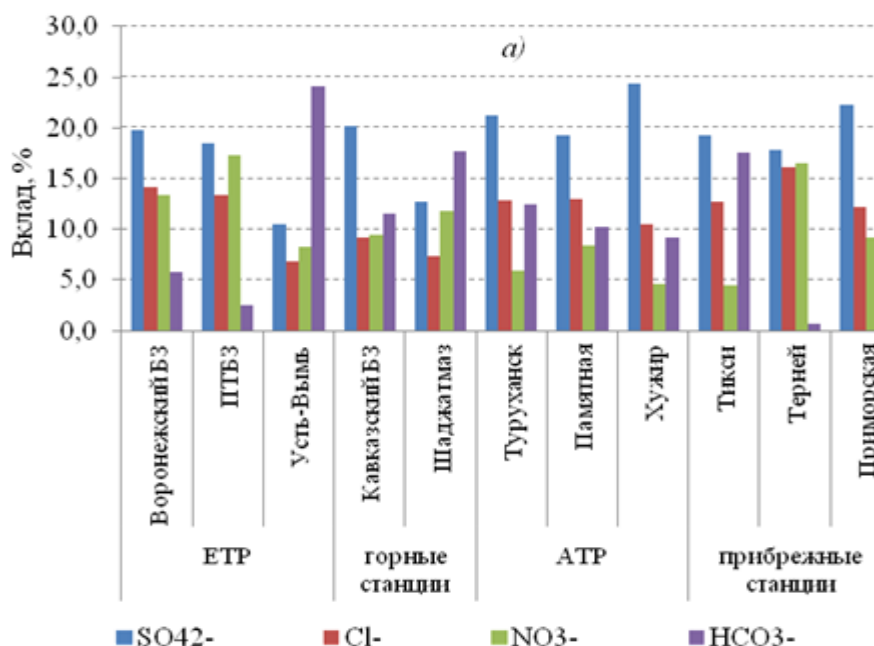


Рис. 1.3.3 (начало). Вклад (%) ионов в химический состав атмосферных осадков фоновых станций, 2017 г.

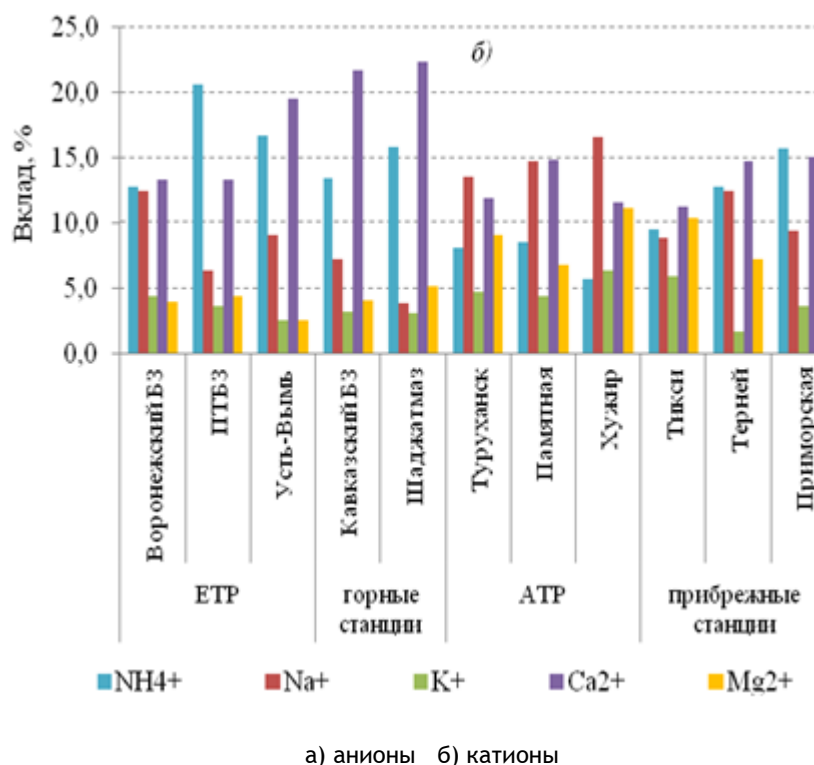


Рис. 1.3.3 (окончание). Вклад (%) ионов в химический состав атмосферных осадков фоновых станций, 2017 г.

Диапазон изменения кислотности (рН) осадков фоновых станций в 2017 г. составил: 4,4-7,0 (ЕТР), 4,3-7,1 (АТР), 4,3-6,9 (прибрежные станции), 4,6-7,2 ед. рН (горные станции). Повторяемость выпадения осадков с $\text{pH} < 5,0$ была наибольшая на ЕТР и составила около 25% (рис. 1.3.4).

В типично горном ландшафте в условиях естественного процесса геохимического выветривания горных пород (станции Кавказский БЗ и Шаджатмаз), а также в условиях влияния морских аэрозолей (станции Терней, Приморская и Тикси) кислотность осадков редко бывает меньше 5,0 ед. рН.

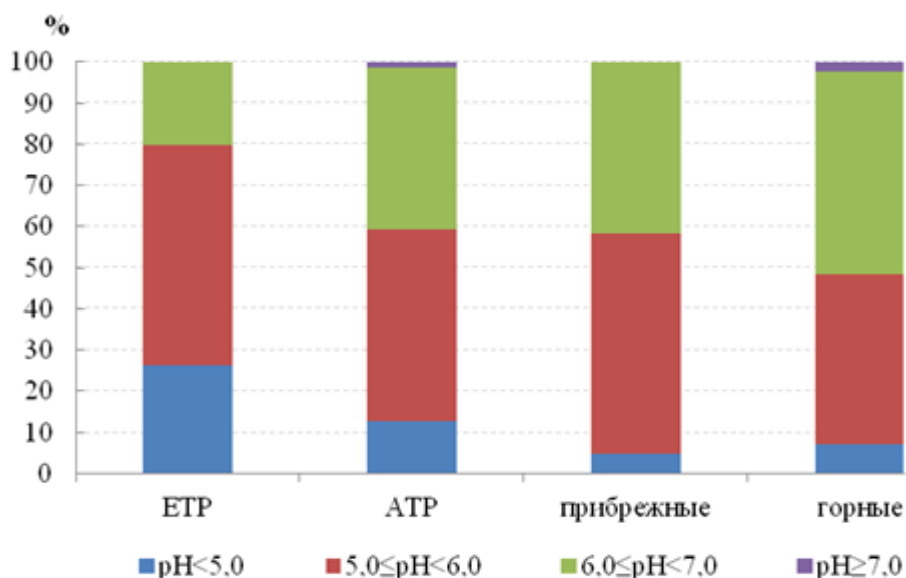


Рис. 1.3.4. Повторяемость (%) рН атмосферных осадков 2017 г.

Основные характеристики кислотности в 2017 г. и за период 2013-2017 гг. представлены на рис. 1.3.5.

Во внутригодовом ходе наиболее низкие значения концентраций ионов (SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+) в осадках ЕТР и АТР приходятся на теплый период, что согласуется с минимальной минерализацией в этот период и максимальным количеством выпадающих осадков (рис. 1.3.6).

На территории Кавказского БЗ усиление циклонической деятельности в холодное время года обуславливает зимний максимум осадков и минимальные концентрации ионов. Нарушение закономерности годового изменения химического состава от распределения осадков отмечается только на ст. Шаджатмаз (рис. 1.3.6).

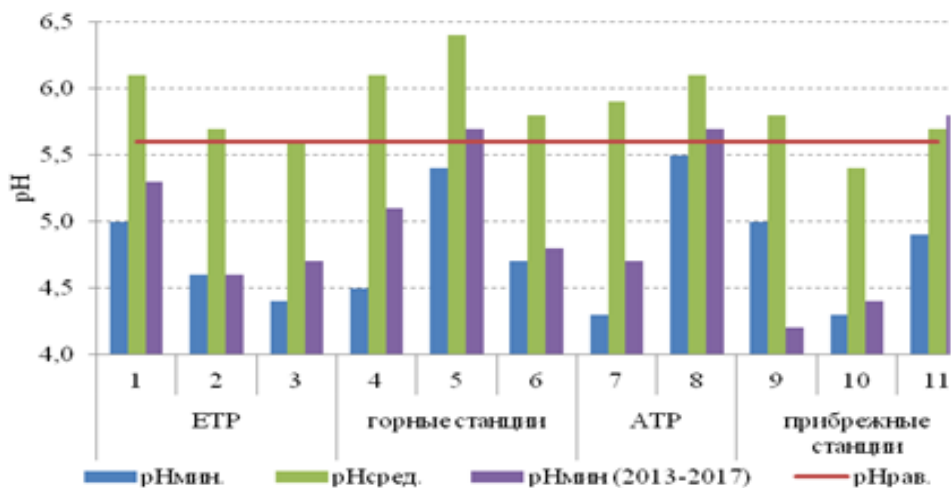


Рис. 1.3.5. Основные характеристики кислотности (pH) осадков фоновых станций в 2017 г. и за период 2013-2017 гг.

(pH_{мин.} – абсолютно минимальная величина pH в 2017 г.; pH_{сред.} – среднее значение pH за 2017 г. pH_{мин.} (2013-2017 гг.) – средняя минимальная величина pH за 2013-2017 гг. pH_{равн.} – равновесное величина pH=5,6)

1 – Усть-Вымь; 2 – Приокско-Террасный БЗ; 3 – Воронежский БЗ; 4 – Кавказский БЗ; 5 – Шаджатмаз; 6 – Памятная; 7 – Туруханск; 8 – Хужир; 9 – Приморская; 10 – Терней; 11 – Тикси *Примечание: данные по Тикси указаны за период 2016-2017 гг.

Несмотря на неполные данные для прибрежных станций в годовом ходе основных кислотообразующих соединений за 2017 г. прослеживается обратная закономерность изменения концентрации ионов от суммы выпадающих осадков (рис. 1.3.7). Исключение составляет только годовое распределение сульфатов в осадках Тикси, что может объясняться локальными источниками загрязнения.

Выпадение веществ с осадками. Значения выпадений основных кислотообразующих соединений (серы и азота) и суммарные влажные выпадения за 2017 г., а также средние за период 2013-2017 гг. значения выпадений этих веществ с атмосферными осадками представлены в таблицах 1.3.4 и 1.3.5.

Величина суммарных влажных выпадений загрязняющих компонентов на большинстве станций в значительной степени определялась суммой осадков. По сравнению со средним значением за 5 лет (2013-2017 гг.) годовая сумма осадков в 2017 г. увеличилась на ЕТР в Усть-Выми (20%) и Воронежском БЗ (11%), где также увеличилась величина суммарных влажных выпадений. Снижение годовой суммы осадков произошло в Тикси (25%), на станциях Приморская (13%) и Туруханск (10%), а также в Приокско-Террасном БЗ (7%) и на станциях Памятная (20%) и Терней (45%). Это повлекло снижение величины суммарных влажных выпадений на 15-50%. На остальных станциях (Кавказский БЗ, Шаджатмаз, Хужир) не

отмечается существенного изменения годовой суммы осадков за 2017 г. по сравнению с периодом 2013-2017 гг., а уменьшение величины суммарных влажных выпадений в этих районах в 2017 г. связано со снижением содержания в осадках гидрокарбонат-ионов.

Основной вклад в массу влажных выпадений вносили гидрокарбонаты и сульфаты, на долю которых приходится от 30 (прибрежные станции) до 50% (АТР).

Таблица 1.3.4. Выпадение серы, азота и суммы ионов с осадками, 2017 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	681,5	0,23	0,12	0,27	0,39	6,25	2,15	0,59
Приокско-Террасный БЗ	592,3	0,18	0,15	0,18	0,33	2,31	1,25	0,54
Воронежский БЗ	660,2	0,44	0,25	0,21	0,46	4,43	0,81	0,96
Кавказский БЗ	2028,2	1,02	0,41	0,47	0,88	10,3	1,15	1,15
Шаджатмаз	659,2	0,31	0,22	0,36	0,58	5,56	1,61	0,53
Памятная	342,9	0,26	0,09	0,12	0,21	3,14	1,43	1,26
Туруханск	717,3	0,38	0,10	0,11	0,21	4,01	1,15	1,84
Хужир	146,2	0,11	0,01	0,02	0,04	0,82	1,72	2,99
Приморская	636,8	0,89	0,35	0,59	0,94	8,85	1,72	0,95
Терней	508,0	0,24	0,22	0,10	0,32	3,10	0,45	0,75
Тикси	286,4	0,28	0,07	0,07	0,14	3,87	1,00	2,00

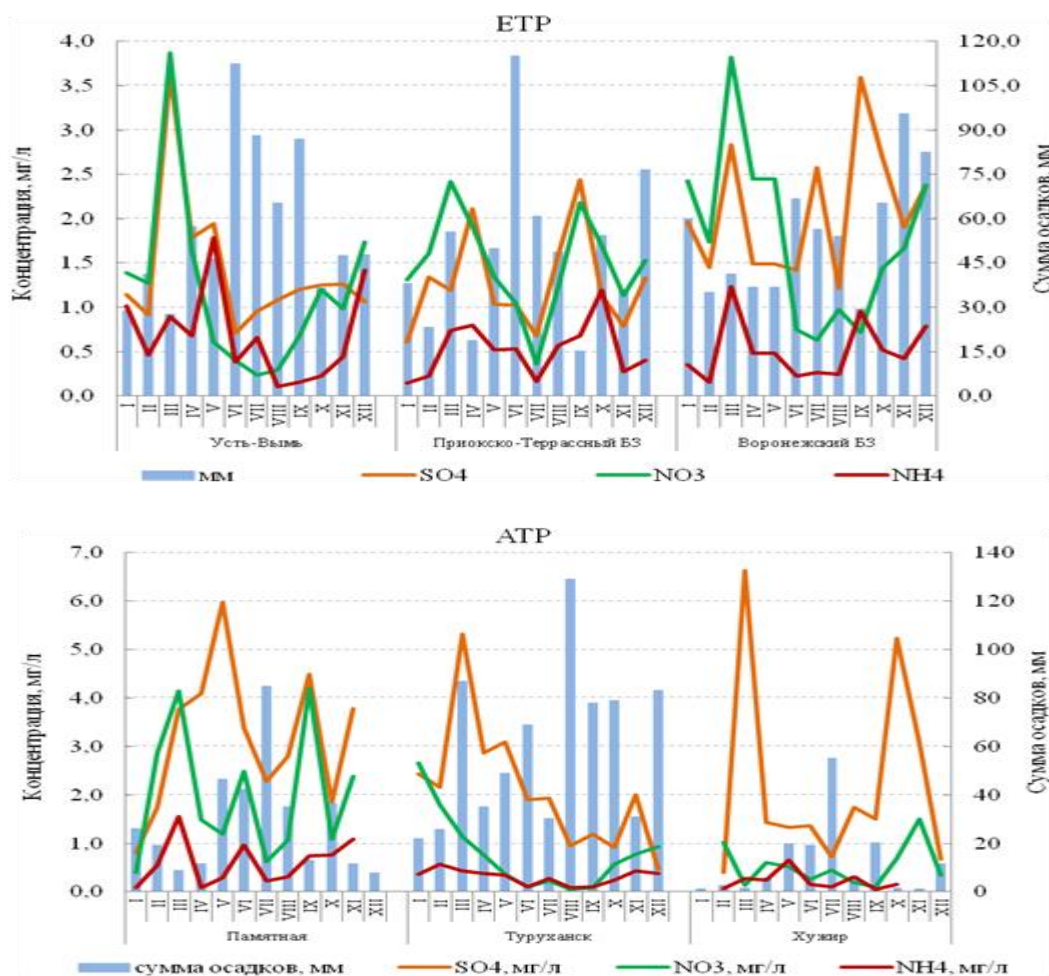


Рис. 1.3.6 (начало). Годовой ход содержания в атмосферных осадках сульфатов, нитратов и аммония, 2017 г.

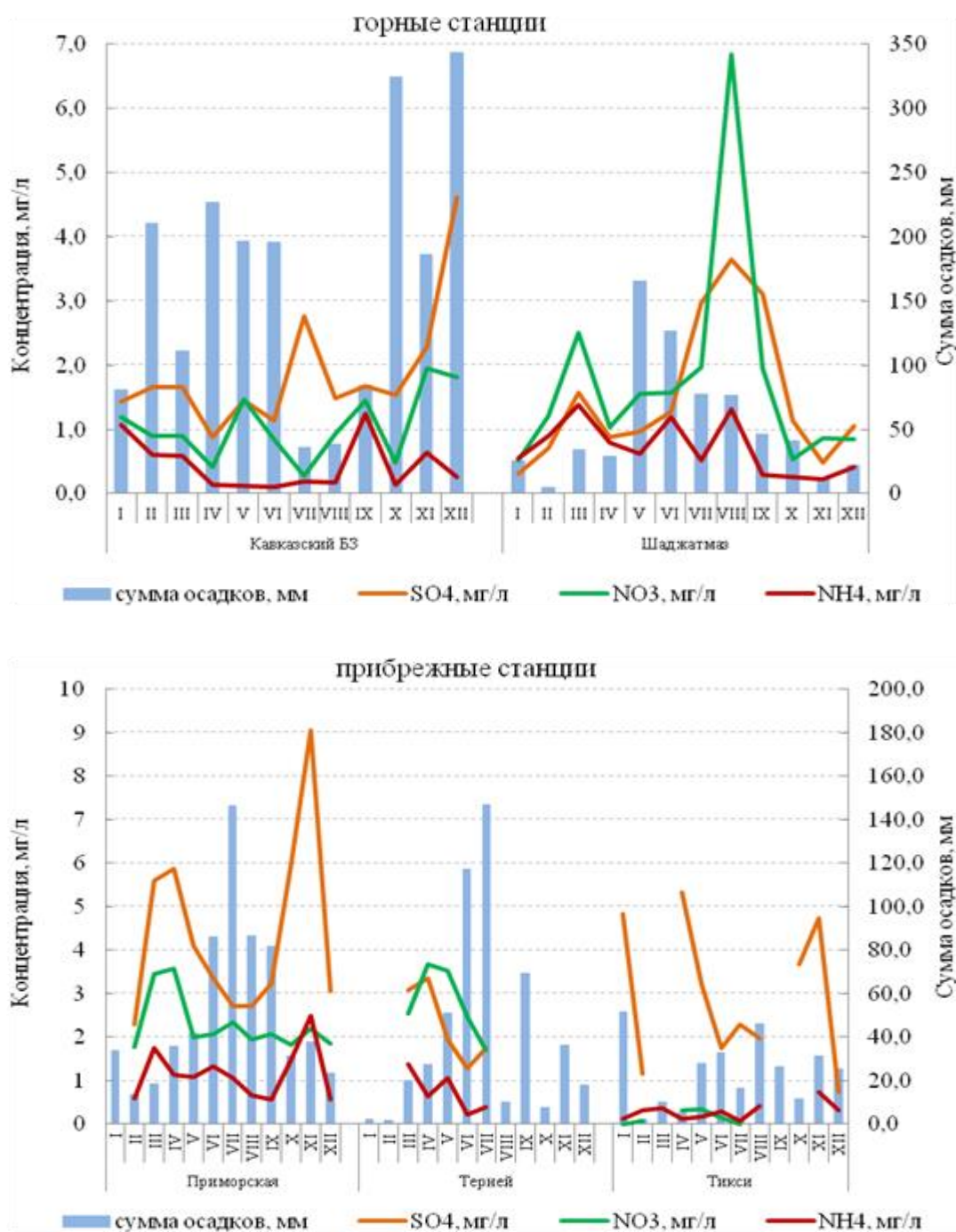


Рис. 1.3.6 (окончание). Годовой ход содержания в атмосферных осадках сульфатов, нитратов и аммония, 2017 г.

Вклад серы и азота в общую структуру суммарных влажных выпадений показан на рис. 1.3.7. Следует отметить, что поступление веществ на единицу площади отличается от распределения концентрации этих веществ в осадках. Вклад суммарного азота в общую массу выпадений был минимальным на АТР.

Величина суммарных выпадений кислотообразующих соединений в 2017 г. варьировала от 0,14 т/км² (Хужир) до 1,90 т/км² (Кавказский БЗ). В целом за последние 5 лет (2013-2017 гг.) на ЕТР (за исключением Кавказского и Воронежского БЗ) потоки суммарного азота были выше выпадения серы. На АТР осадки характеризовались преобладанием выпадения серы над суммарным азотом.

Таблица 1.3.5. Среднее выпадение за период серы, азота и суммы ионов с осадками, 2013-2017 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	569,1	0,27	0,14	0,31	0,45	5,46	2,19	0,59
Приокско-Террасный БЗ	635,4	0,21	0,16	0,15	0,31	3,24	0,94	0,69
Воронежский БЗ	593,7	0,38	0,20	0,14	0,34	4,45	0,69	1,11
Кавказский БЗ	2015,1	0,81	0,32	0,47	0,79	14,3	1,48	1,02
Шаджатмаз	681,0	0,36	0,28	0,37	0,65	8,92	1,34	0,56
Памятная	412,4	0,33	0,13	0,16	0,29	3,96	1,23	1,14
Туруханск	634,3	0,36	0,09	0,10	0,18	4,19	1,15	1,95
Хужир	146,9	0,09	0,02	0,03	0,05	0,97	2,07	1,74
Приморская	818,4	0,98	0,28	0,45	0,72	9,00	1,61	1,36
Терней	930,2	0,65	0,23	0,29	0,52	6,23	1,25	1,25
Тикси*	249,7	0,20	0,02	0,08	0,10	3,40	4,00	1,84

* Данные по Тикси представлены за 2016-2017 гг.

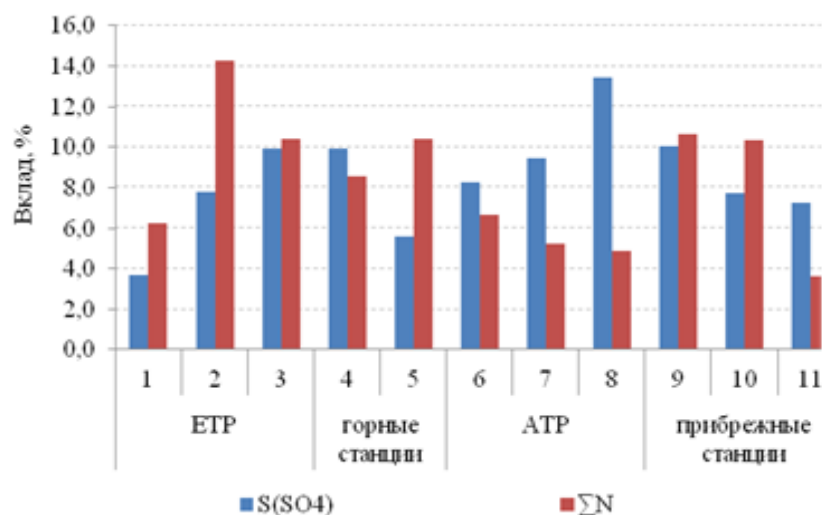


Рис. 1.3.7. Вклад серы и азота в структуру суммарных влажных выпадений, 2017 г.

1 – Усть-Вымь, 2 – Приокско-Террасный БЗ, 3 – Воронежский БЗ, 4 – Кавказский БЗ, 5 – Шаджатмаз, 6 – Памятная, 7 – Туруханск, 8 – Хужир, 9 – Приморская, 10 – Терней, 11 – Тикси

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

На территории России с 2000-2002 гг. 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 2017 г. низкое содержание газовых примесей в воздухе наблюдалось на станциях Приморская и Монды, при этом уровни концентрации практически всех изменяемых газов на дальневосточной станции были одинаковы в среднем за год. Средние концентрации SO_2 на станции в районе озера Байкал продолжают расти, значения в теплый период превышают зимние в 3-5 раз; на фоновом уровне (ст. Монды) в 2017 г. изменения значений регистрировались в интервале 0.09-1.8 мкг/м^3 . На станции Приморская в последние годы наблюдается значительное снижение содержания азот- и серосодержащих веществ. За весь период наблюдения на всех станциях ЕАНЕТ наибольшие концентрации в составе взвешенных частиц в характерны для сульфатов – от 40 до 60% состава атмосферных аэрозолей по массе, при этом наиболее высокие значения практически всех ионов характерны для измерений в Приморском крае (рис. 1.4.1). В Байкальском регионе за семнадцать лет наблюдений содержание практически всех основных ионов в аэрозолях воздуха уменьшилось вдвое. При этом наблюдаемое загрязнение атмосферы на ст. Листвянка в 5 и более раз превышает фоновые уровни загрязнения на ст. Монды. Концентрации сульфатов и аммония в аэрозолях в Приморском крае продолжает оставаться заметно выше, чем в регионе Байкала.

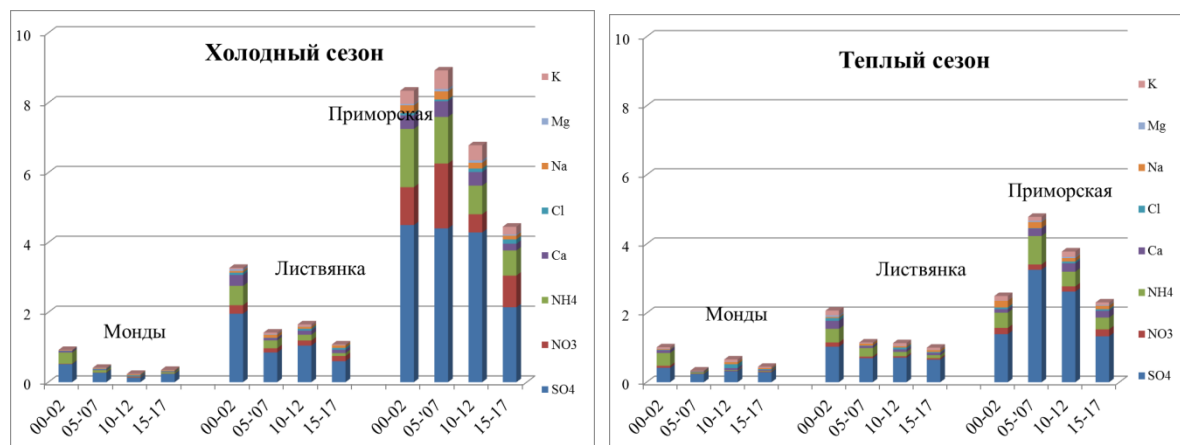


Рис. 1.4.1 Изменение среднего химического состава аэрозолей (мкг/м^3) на станциях ЕАНЕТ в холодный (слева) и теплый (справа) периоды по наблюдениям в 2000-2017 г.

В годовом ходе аэрозолей сульфатов и нитратов на региональных станциях хорошо прослеживается максимум в зимний период. В целом, в 2017 г. среднесезонные концентрации в районе оз. Байкал были на уровне многолетних характерных значений или чуть ниже, а в Приморье продолжали снижаться после 2007-2010 годов, став ниже уровней начала периода многолетних измерений.

В многолетнем ходе средних концентраций серу- 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 2017 г. содержание в атмосфере аэрозолей серо- и азотсодержащих веществ значительно понизилось в сравнении с 2013 годом.

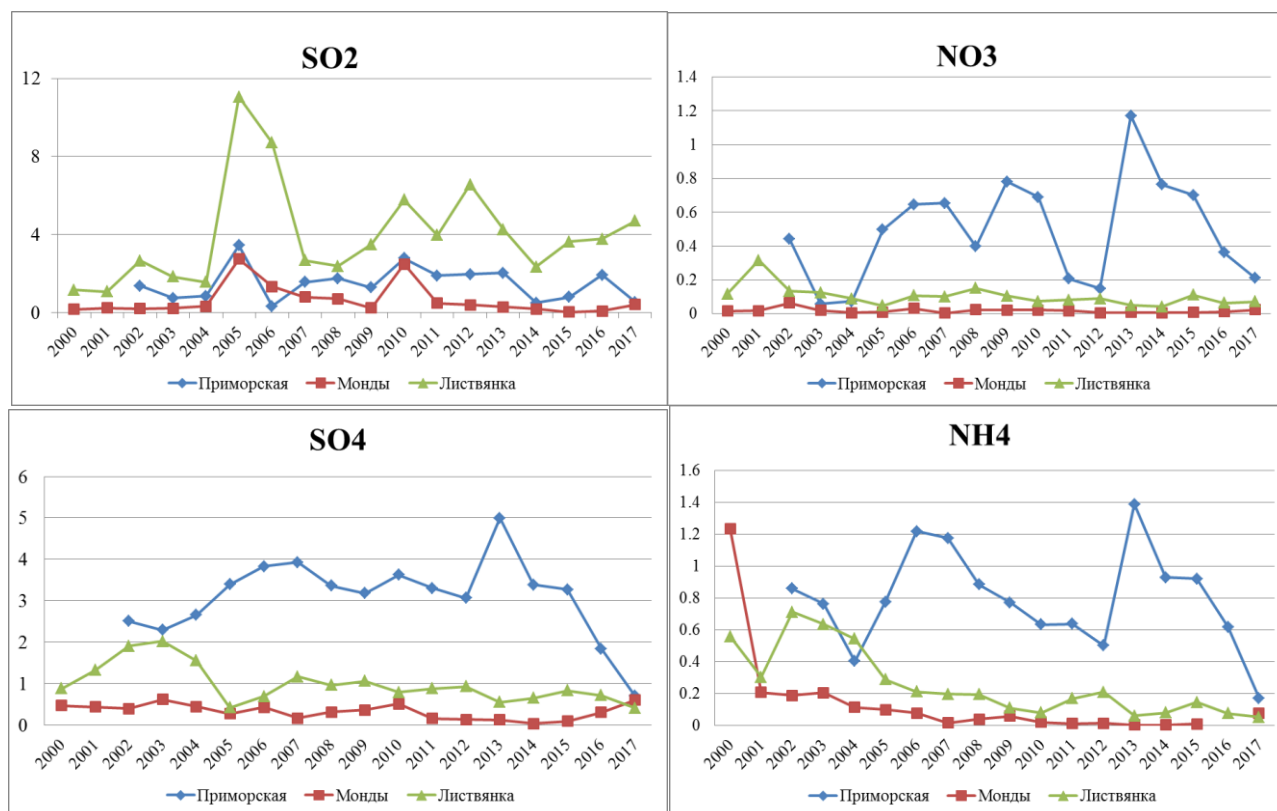


Рис. 1.4.2 Изменения средних годовых концентрации соединений серы (слева) и азота (справа) в воздухе на станциях ЕАНЕТ (мкг/м³)

По наблюдениям за загрязнением осадков на региональном уровне для Дальнего Востока характерно в целом более высокое содержание сульфатов в осадках в течение всего года, однако в теплые месяцы 2017 г. концентрации нитратов имели сравнимые значения. Сезонные изменения выпадений веществ определяются в основном годовым ходом осадков, поэтому максимальные потоки этих двух ионов в 2017 г. отмечены в Приморье в июне-июле (около 0,3 г/м² и 0,18-0,32 г/м² в месяц, соответственно), а за все месяцы холодного периода их влажные выпадения в целом не превысили 0,38-0,49 г/м², несмотря на то, что среднемесячные концентрации их в осадках близки к среднегодовым (рис. 1.4.3). В регионе Байкала внутригодовой ход выпадений целом соответствует картине прошлых лет наблюдений с максимумами в конце весны-лета практически для всех соединений (кроме нитратов) при наибольших суммах осадков.

Вследствие региональных особенностей поступления осадков, при сравнимых уровнях концентраций кислотных соединений в осадках величина их влажных выпадений значительно выше в Приморском регионе, чем в Байкальском регионе (табл. 1.4.1). При этом уровни потоков серы и азота с осадками (без учета сухих выпадений) в Прибайкалье все еще ниже значений критических нагрузок, предлагаемых в Европе для оценки величины выпадений. Тем не менее, для некоторых районов Приморья общие выпадения азота могут приближаться к указанным критическим значениям.

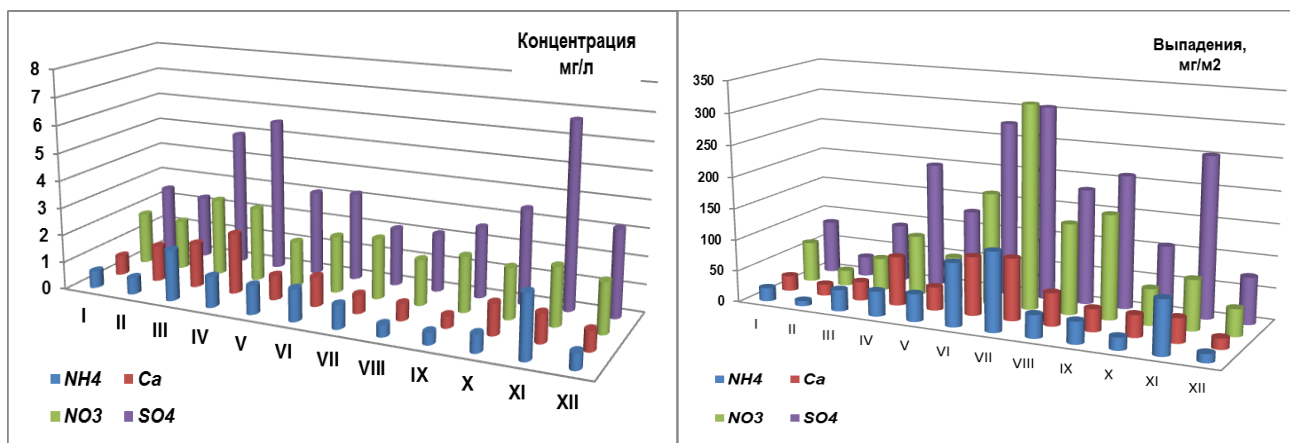


Рис. 1.4.3 Годовой ход концентраций (слева) и выпадений (справа) основных кислотообразующих ионов с осадками на Дальнем Востоке (ст. Приморская) в 2017 году

Таблица 1.4.1 Сравнение суммарных выпадений серы и азота с осадками на станциях ЕАНЕТ в 2008-2017 г. и критических нагрузок, используемых для региона ЕМЕП, г/м²/год

Станция	Влажные выпадения (в единицах элемента) (в скобках - среднее за 9 лет)			Критические нагрузки (ЕМЕП)	
	S (SO_4)	N (NO_3)	N (NH_4)	S_{CL}	N_{CL}
Листвянка	0,09-0,34 (0,22)	0,032-0,10 (0,073)	0,034-0,16 (0,095)	1,6-2,4	0,56-0,98
Монды	<0,01-0,051 (0,031)	<0,001-0,022(0,015)	<0,001-0,04 (0,020)	0,32-0,64	< 0,28
Приморская	0,44-0,91 (0,62)	0,087-0,41 (0,24)	0,31-0,58 (0,39)	1,6-2,4	0,56-0,98

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

Главную роль в формировании трансграничного загрязнения воздуха и осадков играют выбросы кислотообразующих соединений в атмосферу, главным образом, газообразных оксидов серы и азота. В период их пребывания в атмосфере происходит химическая трансформация до кислотных ионов, и реализуются возможности дальнего, в том числе трансграничного, переноса загрязняющих веществ. В рамках выполнения международной «Совместной программы наблюдения и оценки распространения загрязнителей воздуха на большие расстояния в Европе» (ЕМЕП – Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe) в 2017 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 ЕМЕП представляют собой регулярный анализ содержания в атмосфере и атмосферных осадках основных химических соединений, определяющих кислотно-щелочной баланс. По результатам обработки годовых массивов, полученных данных оценены реальные величины атмосферных выпадений (нагрузок) серы и азота, образующих приоритетные кислотообразующие соединения, в районах размещения станций.

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 кислые осадки ($\text{pH} < 4$) в 2017 г. 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 80% 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 расположения российских станций ЕМЕП в 2017 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 сульфат-ион является доминирующим кислотным анионом для всех станций ЕМЕП, его вклад составляет 17-31%, однако вклады нитрат-иона и ионов аммония также довольно существенны – 7-15% и 10-22%, соответственно. Среднегодовая концентрация сульфатной серы в осадках в 2017 г. составляла 0,49 мг S /л на станции Янискоски, 0,60 мг S/л на станции Пинега, 0,58 мг S/л на станции Лесной заповедник, 0,73 мг S/л на станции Данки (в районе Приокско-Террасного биосферного заповедника). Характер пространственного распределения содержания нитратов в осадках практически совпадал с наблюдающимся в 2017 г. для сульфатов: наименьшее значение среднегодовой концентрации составило 0,08 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. Для ионов аммония были характерны практически одинаковые значения среднегодовых концентраций, 0,25-0,34 мг N/л. Во внутригодовом ходе максимальные концентрации сульфатов в районах станций ЕМЕП наблюдались в весенний и осенний периоды, при более чем трехкратном превышении значений в холодный период по сравнению с теплым. Наиболее высокая концентрация нитратов и ионов аммония в осадках также наблюдается в холодный период года, отражая важную роль переноса от антропогенных источников при формировании уровней содержания азотсодержащих соединений в осадках.

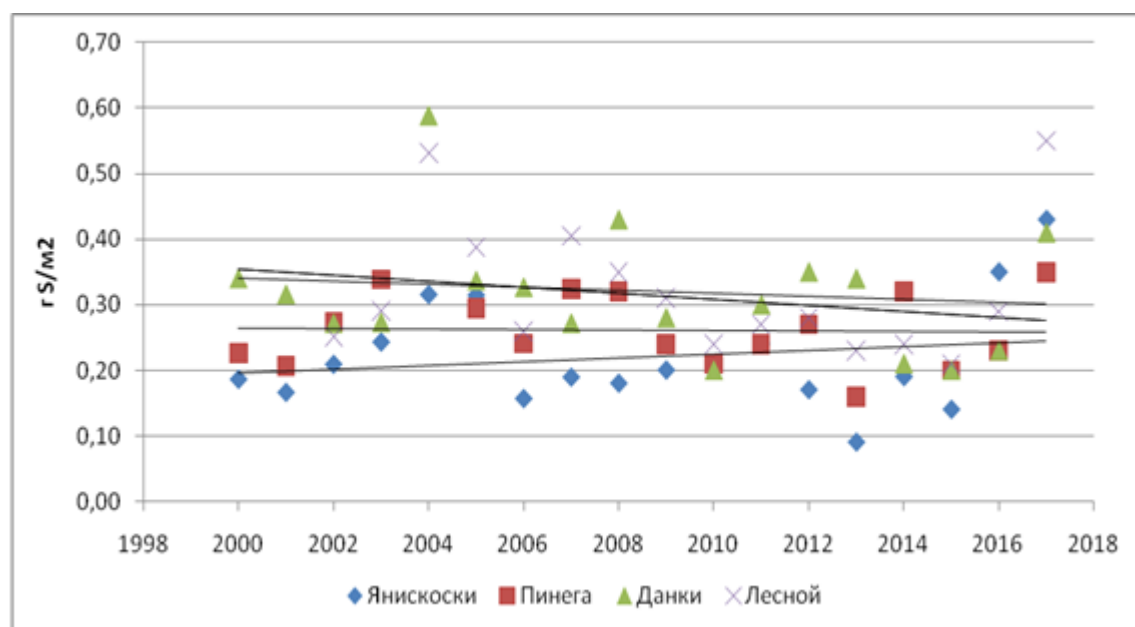


Рис. 1.5.1 Многолетние выпадения сульфатной серы из атмосферы с осадками на станциях ЕМЕП ($gS/m^2/год$)

Рассчитанные по средневзвешенным концентрациям и месячным суммам выпавших осадков величины влажных выпадений для районов станций составляли в 2017 г.: серы 0,35 – 0,55 г/м² в год и азота 0,16 – 0,48 г/м² в год. Для всех станций ЕМЕП количество влажных

выпадения 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 среднеемноголетних 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, и подтверждение эффективности согласованных предпринятых природоохранных мер в странах-участницах и в Европе в целом для улучшения качества 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 направленного уменьшения сумм влажных выпадений за период действия Гетеборгского протокола (подписан в 1999 г.) с незначительными характеристиками линейного тренда. По результатам расчета многолетних выпадений с осадками суммы нитратного и аммонийного азота, представленным на рис. 1.5.2, отмечается, что в целом на некоторых российских станциях ЕМЕП можно отметить рост выпадений азота. Темпы этого роста различны от станции к станции, что может быть связано с высокой межгодовой вариабельностью значений.

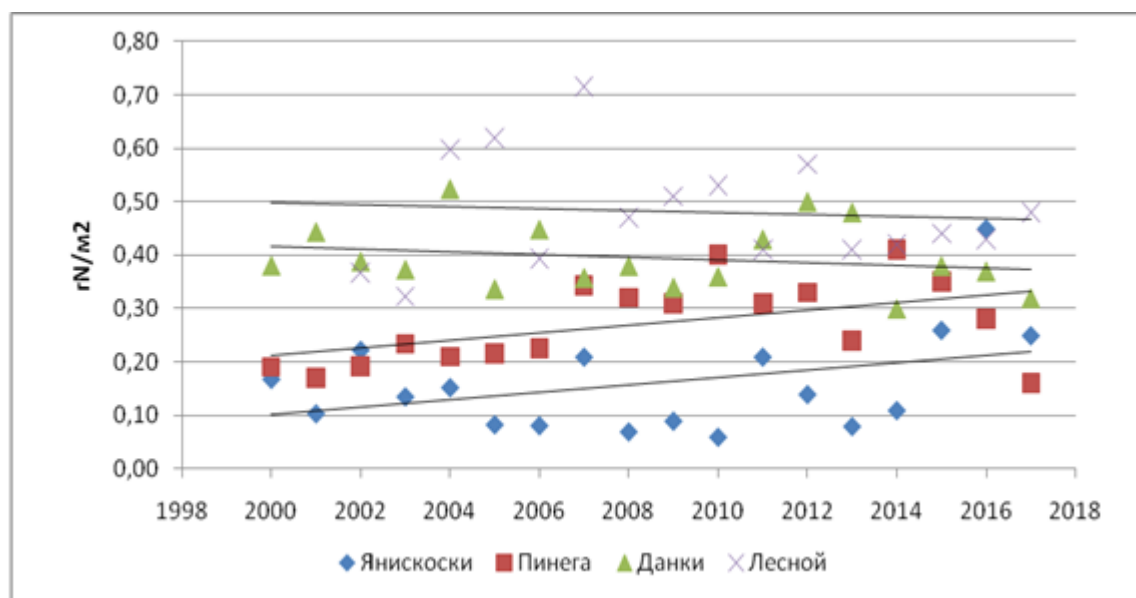


Рис. 1.5.2 Многолетние выпадения суммарного азота (нитратного и аммонийного) из атмосферы с осадками на станциях ЕМЕП (г N/м²/год)

Среднее содержание оксидов серы и азота (газы и аэрозоли) в атмосферном воздухе, оцениваемое по результатам определения среднесуточных концентраций газов и аэрозолей на станциях ЕМЕП, в целом закономерно возрастает с севера ЕТР к центральным районам России. Уровни их концентраций значительно ниже, чем принятые границы допустимых значений для самых чувствительных видов наземной растительности, указанные в научной литературе. Внутригодовая изменчивость концентраций окислов серы имеет явную сезонную зависимость: наибольшие концентрации сернистого газа на станции Данки в 2017 г. наблюдались в январе-марте (до 2,51 мкг/м³), аэрозольного сульфата также в январе-марте (до 2,28 мкг S/м³).

Для характеристики степени экологической опасности, вызываемой поступлением избыточного содержания кислотообразующих веществ из атмосферы, в программах Конвенции

(включая ЕМЕП) используется сравнение 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 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 мониторинга на российских станциях ЕМЕП не включает измерения газообразной азотной кислоты, аммиака и оксидов азота.

Сравнение годовых влажных выпадений серы и суммарного азота с осадками в 2017 г. и значений критических нагрузок по этим элементам для районов расположения станций, представленных в табл. 1.5.2, 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.

Таблица 1.5.2. Сравнение суммарных влажных выпадений в 2017 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	0,43	0,32-0,64	0,25	<0,28
Пинега	0,35	0,32-0,64	0,16	<0,28
Лесной	0,55	1,6-2,4	0,48	0,56-0,98
Данки	0,41	1,6-2,4	0,32	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.

В 2017 году, объявленным в РФ Годом экологии, плановые обследования проводились в Приокско-Тerrasном БЗ, Воронежском БЗ, Кавказском БЗ, Астраханском БЗ и Волжско-Камском БЗ.

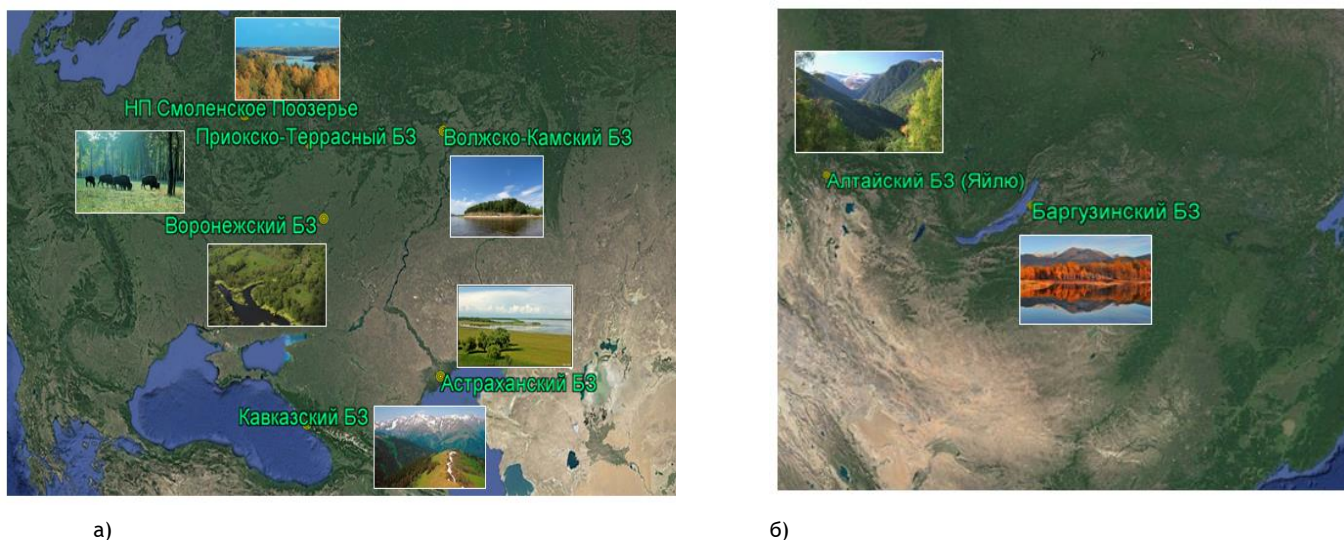


Рис. 2.1.1. Местоположение опорных площадок пробоотбора почв и растительности на СКФМ, расположенных в Европейской (А) и Азиатской (Б) частях территории России

Фоновое содержание загрязняющих веществ в почвах

Фиксируемый в уровень содержания валовых форм соединений свинца, кадмия и меди в почвах СКФМ хорошо согласуется 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 составляют характеристики содержания соединений свинца в горных бурых лесных Кавказского БЗ и горно-луговых почвах Алтайского БЗ, где коэффициенты концентрации (отношение измеренного показателя к кларку почв) составляют 1,9 и 1,1 соответственно. Однако в случае размещения станций мониторинга в гористых ландшафтах можно предположить естественную литогенную природу обогащенности почв тяжелыми металлами, которая определяется наличием на территориях массивных интрузий магматических пород, содержащих халькофильные элементы.

Таблица 2.1.1. Средние величины содержания тяжелых металлов в почвах СКФМ за период 2013-2017 гг. и диапазоны значений показателей за период 2007-2017 гг.

СКФМ	Опробованные почвы	Свинец, мг/кг		Кадмий, мг/кг		Медь, мг/кг	
		Диапазон за декаду	2013 г. / 2017 г.	Диапазон за декаду	2013 г. / 2016 г.	Диапазон за декаду	2013 г. / 2016 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	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	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	3,7-12,5	10,8	0,05-0,80	0,22	6,10-57,0	8,5
Баргузинский БЗ	Горные мерзлотно-таежные	2,4-8,2	4,9	0,04-2,80	0,23	3,1-12,0	6,1
Дальневосточный федеральный округ							
Командорский БР	Подзолы	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_{КС} < 5,5 / близких к нейтральным и нейтральным почвам суглинистого и глинистого состава с pH_{КС} > 5,5 соответственно.

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

Диапазоны варьирования содержания тяжелых металлов в почвах СКФМ, установленные в период наблюдений 2007-2017 гг., отличаются от данных последних лет несколько более широким размахом контролируемых показателей с максимальными величинами коэффициентов концентрации до 2,5-3. Подобные превышения находятся в пределах допустимых величин естественного варьирования содержания тяжелых металлов в почвах.

В санитарно-гигиеническом отношении в почвах СКФМ за весь период наблюдений не отмечалось превышения содержания контролируемых тяжелых металлов сверх установленных нормативных величин предельно/ориентировочно допустимых концентраций (ПДК/ОДК). Вместе с тем, концентрации загрязнителей, численно превышающее величину 0,5 ОДК, спорадически регистрировались 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 части России, отмечается тренд к относительному повышению коэффициентов концентрации тяжелых металлов в поверхностных горизонтах почв по отношению к кларкам литосферы (рис. 2.1.2). Полученные данные свидетельствуют о наличии значимого антропогенного прессинга, прежде всего, на природные экосистемы Центрального федерального округа – промышленно развитого региона с повышенной плотностью населения.

Содержание в почвах СКФМ приоритетных органических загрязнителей характеризует их экологическое состояние в основном как благополучное. Как правило, обнаруживаются лишь следовые количества поллютантов органической природы, 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 – как правило, на один-два порядка меньше, чем величина его ПДК. Лишь единично за 10-летний период наблюдений 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 обнаружения.

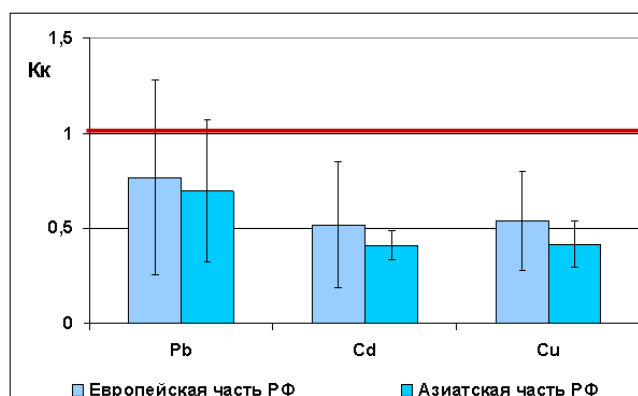


Рис. 2.1.2. Коэффициенты концентрации тяжелых металлов в почвах Европейской и Азиатской частей РФ за период наблюдений на СКФМ 2013-2017 гг.

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

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

Таблица 2.1.2. Средние величины содержания органических загрязняющих веществ в почвах СКФМ за период 2013-2017 гг. и диапазоны значений показателей за период 2007-2017 гг.

СКФМ	Опробованные почвы	Бенз(а)пирен, мкг/кг		сумма-ДДТ, мкг/кг		γ-ГХГЦ, мкг/кг	
		Диапазон за декаду	2013 г./ 2017 г.	Диапазон за декаду	2013 г./ 2017г.	Диапазон за декаду	2013 г./ 2017 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-Тerrasный 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	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	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	0,1-3,7	0,5	0,5-52,6	4,8	≤0,05-2,2	0,25
Баргузинский БЗ	Горные мерзлотно-таежные	0,3-1,6	0,5	0,5-98,6	15,5	≤0,05-3,4	1,7
Дальневосточный федеральный округ							
Командорский БР	Подзолы	0,3/ - "	0,3	36,0	36,0	1,1	1,1
ПДК		20		100		100	

* - нет данных

Фоновое содержание загрязняющих веществ в растительности

Считается, что соблюдение уровней содержания ПДК/ОДК загрязняющих веществ в почвах обеспечивает нормальное функционирование растений. Действительно, состояние растительности в районах размещения СКФМ по данным последнего срока опробования, а также за период наблюдений 2007-2017 гг. не выявляло видимых признаков нарушений роста и развития фитоценозов, обусловленных загрязнением окружающей среды. При этом содержание контролируемых тяжелых металлов и органических загрязнителей в зеленых частях доминантных видов растений древесного и травянистого ярусов в целом находилось в пределах колебаний характеристик природного фона, а в отношении соединений свинца и меди - в основном было ниже среднемировых кларковых величин, установленных для растений суши (табл. 2.1.3 и табл. 2.1.4). Существенное превышение на всех СКФМ измеренных величин содержания кадмия в растениях над его кларковым значением, установленным Д.П.Малюга в 60-е годы XX века, может свидетельствовать о расширении техногенного геохимического потока элемента, произошедшего за прошедшее время.

Обращает на себя внимание, что в последний срок мониторинговых наблюдений на СКФМ в отношении ряда контролируемых параметров 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 бенз(а)пирена, так 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. Поскольку применение хлорсодержащих органических инсектицидов групп ДДТ и ГХГЦ для борьбы с насекомыми было в основном прекращено после 1990-х гг., то повышение 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.

Таблица 2.1.3. Средние концентрации тяжелых металлов в растительности СКФМ в 2013-2017 гг. и диапазоны значений показателей за период 2007-2017 гг.

Станция КФМ	Проба	Свинец, мг/кг		Кадмий, мг/кг		Медь, мг/кг	
		Диапазон за декаду	2013 г. / 2017 г.	Диапазон за декаду	2013 г. / 2017 г.	Диапазон за декаду	2013 г. / 2017 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-Террасный 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		2,1		17,90		5,5
Кавказский БЗ	Разнотравье	0,54-2,3	2,3	0,10-0,65	0,38	2,8-7,6	2,8
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	6,1
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.Малюга (1963)

Среди отдельных ярусов фитоценозов моховый покров лесных экосистем 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), в то время как на других СКФМ подобный феномен не выявлялся. Поскольку отдел мохообразных более других групп растений способен к накоплению выпадений из атмосферы, то отмеченные аномальные повышения показателей могут свидетельствовать о значительной аэрогенной нагрузке на экосистемы регионов.

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) отмечаются 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-Тerrasный 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.

Таблица 2.1.4. Средние концентрации органических загрязняющих веществ в растительности СКФМ в 2013-2017 гг. и диапазоны значений показателей за период 2007-2017 гг.

Станция КФМ	Проба	Бенз(а)пирен, мкг/кг		сумма-ДДТ, мкг/кг		γ-ГХГЦ, мкг/кг	
		Диапазон за декаду	2013 г. / 2017 г.	Диапазон за декаду	2013 г. / 2017 г.	Диапазон за декаду	2013 г. / 2017г.
Центральный федеральный округ							
НП Смоленское Поозерье*	Осина, листва Липа, листва Черника Мох	0,03-1,10	0,03	≤0,5-21,0	1,1	≤0,05-2,0	≤0,05
			0,03		-		-
			0,13		11,0		1,0
			0,14		7,1		1,7
Приокско-Террасный БЗ	Береза, листва Разнотравье	0,05-0,19	0,36	0,5-58,7	3,7	≤0,05-3,2	1,7
		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 Ветла, листва Тростник Ежевика	0,12-0,30 0,18-0,37 0,12-0,27	0,20	0,77-78,7	118,3	0,3-2,6 нпо-0,3 нпо-4,5	0,7
			0,18	≤0,2-18,0	4,4		0,5
			0,37	≤0,5-28,2	18,0		нпо
			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 Разнотравье Мох	0,21-0,28	0,25	1,0-23,0	12,0	2,7-5,4	4,0
		0,07	0,07	3,0	3,0	2,0	2,0
		0,07-0,14	0,10	46,0-220,0	122,0	0,5-5,0	2,5
Сибирский федеральный округ							
Баргузинский БЗ*	Листва деревьев Хвоя кедра Мох	0,02-0,60	0,25	3,4	3,4	1,5	1,5
		0,24-0,60	0,35	13,0	13,0	3,4	3,4
		0,24-0,60	0,33	-	-	-	-

* - нет данных

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 районов Западной Сибири, 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
Западная Сибирь Новосибирск с. Прокудское	Подзолистые	1998-2017	2,0-36,5	но-3,5
Кемерово, д. Калинин ЮЮЗ 55 км от ГРЭС	Выщелоченный чернозём	1995-2017	6,2-88	но-3,5
г. Новокузнецк, пос. Сарбала ЮЮВ 32 км от ГРЭС	Подзолистые	1995-2017	3,8-25	но-9,5
г. Томск, с. Ярское Ю 43 км от ГРЭС-2		2001-2017	1,5-49	но-3,8
Иркутская область п. Култук 3 50 км, СВ 50 км	Серые лесные	2005, 2013, 2017	-	0,2-1,8
Самарская область Волжский район НПП «Самарская Лука» З 30 км от г. Самара	Чернозёмы	2006-2017	1-47	но-6
Волжский район АГМС п. Аглюс ЮЗ 20 км от г. Самара		2006-2017	3-36	но-8
Свердловская область п. Маринск ЮЗ 54 км от г. Екатеринбург	Подзолистые	1999-2017	0,2-13	<0,2-28
но - не обнаружено				

В 2017 году содержание нитратов в подзолистой почве на расстоянии 12 км в западном направлении от г. Екатеринбург (фон для г. Верхняя Пышма) составило - 0,7 мг/кг, на расстоянии 79 км в юго-западном направлении от областного центра (фон для г. Каменск-Уральский) - 32 мг/кг.

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

В 2017 году для участков чернозёмной почвы, расположенных в 25 км на юго-запад от г. Салават и в 15 км на северо-восток от г. Ишимбай Республики Башкортостан установлены (соответственно) фоновые значения массовых долей кислоторастворимых форм меди (18 и 15 мг/кг), цинка (47 и 54 мг/кг), никеля (63 и 65 мг/кг), свинца (6 и 5 мг/кг), кадмия (0,3 и

0,1 мг/кг).

Фоновые массовые доли металлов, НП и сульфатов в чернозёмных почвах Волжского района Самарской области, установленные в 2006 - 2017 годах, представлены в табл. 2.2.3.

Таблица 2.2.2. Массовые доли кобальта, марганца, никеля и ртути, мг/кг, в почвах фоновых районов Российской Федерации

Место наблюдений	Тип почв	Год наблюдений	Co	Mn	Ni	Hg
Иркутская область п. Култук 3 50 км, СВ 50 км	Серые лесные	2005, 2013, 2017	0,8-36	205-1150	5-180	0,041-0,197
Приморский край г. Арсеньев СЗ 47 км	Бурые лесные	2017	12 (1988 г.)	812	21	0,042
п. Кавалерово ЮВ 30 км				871	21	0,048
Республика Татарстан г. Казань СЗ 20 км	Дерново- подзолистые	2008-2017	2-8	250-600	2-36	0,012-0,039
г. Нижнекамск г. Набережные Челны СВ, Национальный парк «Нижняя Кама»			5-9	223-390	12-60	0,012-0,046
Свердловская область от г. Екатеринбург п. Мариинск ЮЗ 54 км	Подзолистые	1999-2017	4-44	77-3110	10-181	0,01-0,20
3 12 км		2017	12	529	24	0,01
ЮЗ 79 км			11	591	18	0,02

Таблица 2.2.3. Массовые доли металлов, НП и сульфатов, мг/кг, в почвах Волжского района Самарской области

Место наблюдений	Pb	Mn	Ni	Zn	Cu	Cd	Al	НП	Сульфаты
НПП «Самарская Лука» 3 30 км от г. Самара	8-88	43-515	11-87	35-219	7-118	0,2-2,8	920-3706	9-175	но-456
АГМС п. Агрос ЮЗ 20 км от г. Самара	1-21	175-778	9-103	31-271	8-55	0,1-2,5	1020-7307	2,4-98	но-192

Фоновые значения массовых долей кислоторастворимых форм никеля в подзолистых почвах для городов Новосибирск и Томск, исследованных в 1995–2017 гг., изменялись соответственно от 5,5 до 32 мг/кг и от 0,45 до 25 мг/кг. В почвах этих городов в 2017 году фоновые значения содержания марганца составили соответственно 656 и 700 мг/кг.

В фоновых пробах почв, отобранных в 2017 году в 12 км на запад и в 79 км на юго-запад от Екатеринбурга, массовые доли кислоторастворимых форм хрома составили соответственно 19 и 27 мг/кг.

Фоновые массовые доли обменных сульфатов в бурых лесных почвах Приморского края находились в интервале от 6,9 (фон для пгт. Кавалерово) до 8,5 мг/кг (для г. Арсеньев). В серых лесных почвах Иркутской области по результатам наблюдений 2017 года значения массовой доли сульфатов на расстоянии 50 км на запад и на расстоянии 50 км на северо-восток от п. Култук соответствовали соответственно 316 и 313 мг/кг.

Фоновые массовые доли кислоторастворимых (сравнимых с валовыми) форм кадмия, меди, свинца и цинка, а также НП и БП в почвах отдельных фоновых районов Российской Федерации представлены в табл. 2.2.4.

В Саратовской области, в черноземной почве г. Балаково массовая доля НП соответствовала - 87 мг/кг, сульфатов – 51 мг/кг, нитратов – 11 мг/кг, водорастворимого фтора – 0,2 мг/кг, кислоторастворимых форм алюминия – 9439 мг/кг, кадмия – 0,85 мг/кг, марганца –

229 мг/кг, меди – 31 мг/кг, никеля – 61 мг/кг, свинца – 14 мг/кг, цинка – 100 мг/кг.

В 2017 г. на территории Верхнего Поволжья проводились измерения фонового содержания ТМ в дерново-подзолистых почвах Кировской и Нижегородской областей, в выщелоченных чернозёмах окрестностей г. Саранск Республики Мордовия.

Таблица 2.2.4. Массовые доли кадмия, меди, свинца, цинка, НП и БП, мг/кг, в почвах фоновых районов Российской Федерации

Место наблюдений	Тип почв	Год наблюдений	Cd	Cu	Pb	Zn	НП (БП)
Западная Сибирь г. Новосибирск с. Прокудское	Подзолистые	1998-2017	но-3,0	3-30	1,6-40	5-47	9-264
г. Кемерово д. Калинкино ЮЮЗ 55 км от ГРЭС	Серые лесные	1995-2017	но-6,3	4-41	5-31	18-169	6-110
г. Новокузнецк пос. Сарбала ЮЮВ 32 км от ГРЭС	Подзолистые	1995-2017	<0,1-1,3	<0,1-27	но-25	<0,1-133	но-510
г. Томск, с. Ярское Ю 43 км от ГРЭС-2	Подзолистые	2001-2017	но-0,43	2-20	4,1-27	22-200	20-296
Иркутская область п. Култук 3 50 км СВ 50 км	Серые лесные	2005, 2013, 2017	0,07-0,23	16-22	8-38	34-440	40-550 по области
Приморский край г. Арсеньев СЗ 47 км	Бурые лесные	2017	<0,3	13	13	58	(<0,005)
п. Кавалерово ЮВ 30 км			1,31	19	12	78	
Республика Татарстан г. Казань СЗ 20 км	Дерново-подзолистые	2008-2017	но-0,5	2,5-11	4-18	10-180	50-96
г. Нижнекамск г. Набережные Челны СВ Национальный парк «Нижняя Кама»		2008-2017	но-0,96	5-28	4-22	17-70	36-150
Свердловская область от г. Екатеринбург п. Мариинск ЮЗ 54 км	Подзолистые	1999-2017	0,5-2,2	13-368	7,0-137	44-201	-
3 12 км		2017	1,1	65	21	53	
ЮЗ 79 км			1,0	72	15	72	

Супесчаные почвы Мордовского заповедника характеризуется низким содержанием (ниже предела обнаружения) меди (< 5 мг/кг), кобальта (< 8 мг/кг), никеля (< 10 мг/кг), свинца (< 10 мг/кг), кадмия (< 0,5 мг/кг), хрома (< 10 мг/кг), магния (< 60 мг/кг). Массовые доли цинка в почве соответствовали - 4 мг/кг, железа – 21 мг/кг, марганца – 363 мг/кг, НП – 46 мг/кг. Содержание подвижных форм ТМ в пробе почвы находились ниже предела обнаружения. В качестве фоновых для г. Саранск приняты средние значения содержания ТМ и НП в пробах почв, отобранных в южном направлении на расстоянии от 20 до 24 км.

Массовые доли валовых (в числителе) и подвижных (в знаменателе) форм ТМ, а также НП в почвах фоновых районов Верхнего Поволжья представлены в табл. 2.2.5.

Таблица 2.2.5. Массовые доли металлов и НП, мг/кг, в почвах фоновых районов Верхнего Поволжья

Место наблюдений	Cu	Co	Ni	Pb	Zn	Mn	Cd	Cr	НП
Кировская область	<u>5-33</u> 0,1-0,5	<u><8-11</u> но	<u>7-63</u> ≤1,0	<u><10</u> <0,4-0,8	<u>18-62</u> 1,0-2,1	<u>391-1138</u> но	<u><0,5-0,8</u> <0,1-0,3	<u>11-62</u> но	46-114
Нижегородская область Дальнеконстантиновский район	<u>12-18</u> 0,1-0,4	<u><8</u> но	<u>15-25</u> <1,0	<u><10</u> <0,4	<u>21-38</u> 2,0-4,0	<u>203-783</u> но	<u><0,5-0,6</u> <0,1	<u>11-25</u> но	25-65
Балахнинский район	<u><5-6</u> <0,1-0,2	<u><8</u> но	<u><10</u> <1,0	<u><10</u> <0,4	<u>5-7</u> <1,0	<u>88-148</u> но	<u><0,5</u> <0,1	<u><10-11</u> но	65-86
Республика Мордовия г. Саранск Ю от 20 до 24 км	<u>23-32</u> <0,1-0,1	<u>8</u> но	<u>31-42</u> <1,0-1	<u>11-56</u> <0,4-3,1	<u>54-93</u> <1,0-54	<u>411-691</u> но	<u><0,5</u> <0,1-1	<u>36-46</u> но	60-368

На территории Верхнего Поволжья массовые доли валовых форм железа, магния и ртути

изменялись соответственно в почвах Кировской области от 245 до 10506 мг/кг, от 96 до 3490 мг/кг, от 0,03 до 0,09 мг/кг; в почвах Дальнеконстантиновского района Нижегородской области от 5573 до 9853 мг/кг, от 1531 до 3872 мг/кг, от 0,02 до 0,04 мг/кг; в почвах Балахнинского района Нижегородской области от 6242 до 21660 мг/кг, от 220 до 3250 мг/кг, от < 0,02 до 0,03 мг/кг, в почвах окрестностей г. Саранск от 1495 до 7574 мг/кг, от 154 до 923 мг/кг, от 0,02 до 0,09 мг/кг. Массовые доли подвижных форм перечисленных металлов в почвах территории Верхнего Поволжья не были обнаружены.

Результаты наблюдений, проведенные с 1999 по 2017 год в районе п. Мариинск Свердловской области, показали, что в подзолистых почвах фоновые массовые доли подвижных форм хрома изменялись от 0,5 до 1,9 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 57 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, содержание кислоторастворимых форм хрома – от 18 до 110 мг/кг.

На расстоянии 12 км в западном направлении и на расстоянии 79 км в юго-западном направлении от г. Екатеринбург содержание подвижных форм свинца в подзолистых почвах составило соответственно 9,6 и 2,1 мг/кг, хрома – 1,5 и 0,8 мг/кг, марганца – 120 и 76 мг/кг, никеля – 2,4 и 1,9 мг/кг, цинка – 8,2 и 2,5 мг/кг, меди – 10 и 0,2 мг/кг, кобальта – 2,0 и 0,7 мг/кг, кадмия – 1,0 и 0,3 мг/кг.

В Приморском крае фоновые значения содержания подвижных форм цинка и марганца в бурой лесной почве в 30 км на юго-восток от пгт. Кавалерово составляли соответственно 7,42 и 162,7 мг/кг, в 47 км на северо-запад от г. Арсеньев – 1,96 и 68,9 мг/кг. Массовые доли водорастворимых форм ТМ не были обнаружены, кроме марганца (0,86 мг/кг) в фоновой пробе почвы, отобранной в районе г. Арсеньев.

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 встречаются редко. За многолетний период наблюдений превышение предельно допустимых и ориентировочно допустимых концентраций химических веществ в почвах наблюдается в единичных случаях, которые не связаны с промышленным загрязнением.

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

2.3. Оценка отклика хвойных пород на трансграничное загрязнение воздуха методами международной совместной программы комплексного мониторинга (МСП КМ)

В условиях изменений климата и загрязнения окружающей среды все бóльшую актуальность приобретает проблема оценки и прогнозирования состояния лесных экосистем. Решению данной проблемы посвящена деятельность ряда международных программ экологического мониторинга, в частности, Международная совместная программа комплексного мониторинга влияния загрязнения воздуха на экосистемы – МСП КМ (International Cooperative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems – ICP IM), выполняемая под эгидой Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния Экономической комиссии ООН для Европы (ЕЭК ООН). В Российской Федерации исследования в рамках и методами МСП КМ осуществляет Национальный научно-координационный центр (ННЦК), функционирующий в ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля».

Целью наблюдений методами МСП КМ является определение состояния и отклика древостоев сосны и ели на трансграничное загрязнение воздуха.

Настоящие исследования проводились на стационаре МСП КМ на территории Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника (ЦЛГЗ). Территория заповедника характеризуется положительным балансом влаги, в составе фитоценозов доминирует южно-таёжный ельник. Сосняки, занимающие до 10% площади, представлены заболоченными фитоассоциациями с типичной бореальной флорой. Под зеленомошными, кисличными, чернично-кисличными и черничными ельниками в условиях избыточного увлажнения развиваются подзолистые, подзолисто-глееватые и реже подзолисто-глеевые почвы. Здесь накапливается грубый гумус; почвенные растворы обогащены сильными органическими кислотами. В сосняках сфагновых торфянистые и торфяные почвы характеризуются высокими влажностью и кислотностью, большим количеством закисных соединений, ненасыщенностью основаниями, малым содержанием зольных веществ и незначительной биологической активностью. Из-за крайне низкой трофности почвы древостой в таких местообитаниях характеризуется редкостойностью, низкорослостью и малым запасом древесины на единицу площади.

Для осуществления исследований на территории ЦЛГЗ в разных типах леса заложены пробные площади: № 1 - в межрядовой котловине, на торфяных почвах в сосняке сфагновом (*Pineta sphagnosa*), с IV-V классами бонитета, сомкнутостью 0.1-0.2, в напочвенном покрове преобладают пушица *Eriophorum vaginatum* L. багульник *Ledum palustre* L., голубика *Vaccinium uliginosum* L., морошка *Rubus chamaemorus* L., а также два вида клюквы – *Vaccinium oxycoccus* L. и *V. microcarpum* Turcz. ex Rupr.; № 2 - на моренной гряде, в ельнике-зеленомошнике черничном с примесью березы (*Piceeta myrtillosum*) на подзолистой (глееватой) почве, древостой ели характеризуется II-III классами бонитета, сомкнутость 0.3-0.4, в составе напочвенного покрова доминируют черника *Vaccinium myrtillus* L., *Geranium* sp., злаки и мхи *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Hylocomium splendens* (Hedw.) B. S. G.

Измерения по подпрограмме МСП КМ «Повреждение леса» проводились ежегодно с 2009 г. в августе-сентябре, накоплен ряд данных за 8 лет (2009-2015 гг.). Для анализа

использовались результаты многолетних наблюдений за химическим составом осадков на станции ЕМЕП (Совместной программе наблюдений и оценки переноса на большие расстояния загрязняющих воздух веществ в Европе ЕМЕП) в ЦЛГЗ (стационар «Лесной»), выполняемых ФГБУ «ИГКЭ».

Для оценки состояния лесных насаждений и зависимости параметров состояния древостоев от уровней трансграничного загрязнения воздуха по результатам экспериментальных измерений были подготовлены и обработаны временные ряды значений дефолиации и депигментации (параметры отклика деревьев на уровень загрязнения атмосферного воздуха и атмосферных осадков) древостоев (табл. 2.3.1). Значения дефолиации (DF) и депигментации (DP) сосны обыкновенной (*P. sylvestris* L.) и ели европейской (*P. abies* (L.) H. Karst.) были осреднены по пробным площадкам.

Таблица 2.3.1. Осредненные значения дефолиации (DF) и депигментации (DP) сосны обыкновенной (*P. sylvestris*) и ели европейской (*P. abies*) на пробных площадях за период наблюдений

годы	<i>P. sylvestris</i>		<i>P. abies</i>	
	DF	DP	DF	DP
2009	22	14	24	19
2010	22	14	24	19
2011	28	21	25	18
2012	26	21	30	18
2013	49	19	26	11
2014	24	23	24	19
2015	30	22	27	21

По результатам измерений химического состава осадков на стационаре ЕМЕП «Лесной» рассчитаны величины влажных выпадений за 2009-2015 годы, с суммированием месячных величин по геофизическим годам (октябрь предыдущего года – сентябрь текущего года) (табл.2.3.2).

Для выявления связи состояния крон деревьев и поступления загрязняющих веществ в осадках был проведен корреляционный анализ рядов измерений параметров состояния древостоев (дефолиации (DF) и депигментации (DP)) сосны (*P. sylvestris*), ели (*P. abies*) и уровней суммарных «мокрых» выпадений на двух пробных площадях. Результаты этого анализа представлены в табл. 2.3.3. Значимые коэффициенты корреляции выделены жирным шрифтом.

Таблица 2.3.2. Значения суммарных влажных выпадений загрязняющих веществ и макроионов за исследуемые годы (мг/м²)

год	SO ₄ -S	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Na	Mg	Ca	Cl	K
2009	298.85	178.02	257.56	450.32	38.21	201.44	590.18	297.27
2010	307.44	237.44	398.30	215.07	40.41	279.65	290.33	195.67
2011	235.80	155.31	234.65	84.03	22.41	178.33	168.81	80.93
2012	259.26	213.09	330.80	127.87	32.85	275.55	280.23	125.36
2013	259.04	219.56	205.48	98.11	29.50	273.34	180.44	89.74
2014	250.49	181.47	256.45	152.74	25.30	215.80	254.65	140.17
2015	236.83	181.50	296.73	212.62	37.19	295.52	265.16	155.08

Таблица 2.3.3. Коэффициенты корреляции (R) между параметрами дефолиации и депигментации сосны и ели, и величинами содержания химических соединений в осадках (уровень достоверности 0,05)

	<i>P. sylvestris</i>		<i>P. abies</i>	
	DF	DP	DF	DP
SO ₄ -S	-0.34	-0.93	-0.42	-0.04
NO ₃ -N	0.21	-0.38	0.14	-0.39
NH ₄ -N	-0.59	-0.35	0.18	0.49
Na	-0.47	-0.70	-0.34	0.35
Mg	-0.28	-0.70	0.06	0.27
Ca	0.29	0.00	0.52	-0.09
Cl	-0.50	-0.66	-0.24	0.30
K	-0.56	-0.75	-0.36	0.38

По результатам анализа представленных значимых коэффициентов корреляции зависимостей дефолиации и депигментации сосны и ели от выпадений химических соединений отмечается отрицательная корреляция рядов дефолиации сосны и суммарных выпадений аммонийного азота NH₄-N ($R=-0.59$), что отражает снижение уровня потери хвои при поступлении восстановленного азота. Кроме того, отмечены отрицательные значения коэффициентов корреляции рядов депигментации сосны и выпадений сульфатов SO₄-S ($R=-0.93$), натрия ($R=-0.70$), магния ($R=-0.70$), хлора ($R=-0.66$) и калия ($R=-0.75$). Значимых результатов (уровень достоверности 0,05) для древостоев ели не зарегистрировано.

Отрицательные коэффициенты корреляции рядов параметров депигментации и выпадений серы для сосны ($R=-0.93$) показывает, что увеличение выпадений сульфатов снижает депигментацию хвои и улучшает состояние ассимиляционного аппарата данной породы. Отмечено значимое снижение депигментации при увеличении уровня выпадений натрия ($R=-0.70$), магния ($R=-0.70$) и хлора ($R=-0.66$). Выпадения калия ($R=-0.75$) также находятся в обратной зависимости с рядами значений депигментации крон сосны.

В результате ежегодного осуществления исследований в рамках Международной совместной программы комплексного мониторинга (МСП КМ) на территории ЦЛГЗ было установлено, что на территорию района исследований, являющегося фоновым и представляющего эталон ненарушенных лесных экосистем, химические соединения поступают в малых концентрациях с атмосферным переносом. Полученные на пробных площадях результаты оценки состояния древостоев показывают, что выпадающие с осадками растворенные вещества оказывают положительное воздействие на состояние сосняков, произрастающих на бедных торфяных почвах и сфагновых болотах. В такой ситуации выпадения химических соединений играют роль удобрений (макро- и микроэлементов). В то же время, ельники, приуроченные к подзолистым, более богатым почвам, не показывают значимого отклика на поступление этих соединений, поскольку не испытывают подобного дефицита питательных элементов. При этом химические вещества, поступающие с трансграничным переносом на изучаемую территорию в малых количествах, по результатам исследований методами МСП КМ, не оказывают значимого негативного воздействия на экосистемы заповедника.

3. ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ

3.1. Фоновые уровни загрязняющих веществ по данным сети СКФМ

Тяжелые металлы

В 2017 году фоновое содержание ртути, свинца, кадмия в поверхностных водах большинства фоновых районов России соответствовало интервалам изменчивости величин, наблюдаемых в последние годы, и составило: для ртути 0,01–2,05 мкг/л, свинца 0,25–3,1 мкг/л, кадмия 0,02–0,7 мкг/л. На Азиатской территории России фоновые концентрации тяжелых металлов, как правило, ниже, чем на ЕТР (табл. 3.1.1).

Пестициды и ПАУ

В 2017 году концентрации суммы изомеров ДДТ в поверхностных водах большинства фоновых территорий, на которых проводятся регулярные измерения (за исключением Воронежского БЗ), колебались внутри диапазона измерений прошлых лет и не превышали 300 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 возрастания концентраций, позволяет предположить, что возможно прослеживается несанкционированное использование ДДТ в борьбе с вредителями садов, занимающих значительные площади вокруг территории Воронежского БЗ. Концентрации γ -ГХЦГ в большей части проб не превышали предела обнаружения.

Содержание бенз(а)пирена и бензперилена в поверхностных водах заповедников, как и в прошлые годы, составило от 0,45 до 1,43 нг/л (табл. 3.1.1).

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

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	2017 г	Диапазон	2017 г	Диапазон	2017 г
Кавказский БЗ	1982-2017	0,2-16,0	3,111	0,01-2,5	0,020	0,03-1,4	0,473
Приокско-Тerrasный БЗ	1987-2017	нпо-39,4	1,936	0,03-3,5	0,204	0,03-8,7	2,049
Баргузинский БЗ	1982-2008	0,2-7,4	1,7*	0,01-1,5	0,09*	0,01-9,7	1,03*
Астраханский БЗ	1988-2017	0,16-128,0	1,359	0,1-5,5	0,691	0,022-74	0,474
Воронежский БЗ	1990-2017	0,34-50	0,578	0,01-4,6	0,036	0,003-1,0	0,064
Яйлю	2002-2017	0,01-3,6	1,124	0,01-0,7	0,027	0,01-0,097	0,037
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	2017 г	Диапазон	2017 г	Диапазон	2017 г
Кавказский БЗ	1982-2017	0,05-8,9	1,255	нпо-370	262,55	нпо-188,4	нпо
Приокско-Тerrasный БЗ	1987-2017	0,05-12,9	0,844	нпо-215,2	148,8	нпо-129,3	нпо
Баргузинский БЗ	1982-2008	0,05-16,3	1,0*	1,6-112,5	17,57*	нпо-86,6	38,74*
Астраханский БЗ	1988-2017	нпо-11,7	1,031	нпо-328	209,37	нпо-92	нпо
Воронежский БЗ	1990-2017	0,05-5,6	1,239	нпо-14830	3951	нпо-151,6	нпо
Яйлю	2002-2017	0,2-3,6	1,250	нпо-311,24	243,02	нпо-258,8	нпо
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

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

Бассейн Азовского моря.

Вода р. Ворона в черте г. Уварово характеризовалась как «слабо загрязненная» в течение большинства наблюдаемых лет, как «условно чистая» – в отдельные годы. В 2017 г. качество воды в данном створе р. Ворона улучшилось до уровня 1-го класса («условно чистая») в результате снижения количества загрязняющих веществ от 4-х до 2-х. Незначительное нарушение норматива фиксировали органическими веществами (по ХПК) в 57% проб и в единичной пробе фосфатами. Среднегодовые концентрации основных ингредиентов были ниже ПДК, органических веществ (по ХПК) достигали ПДК (рис. 3.2.1).

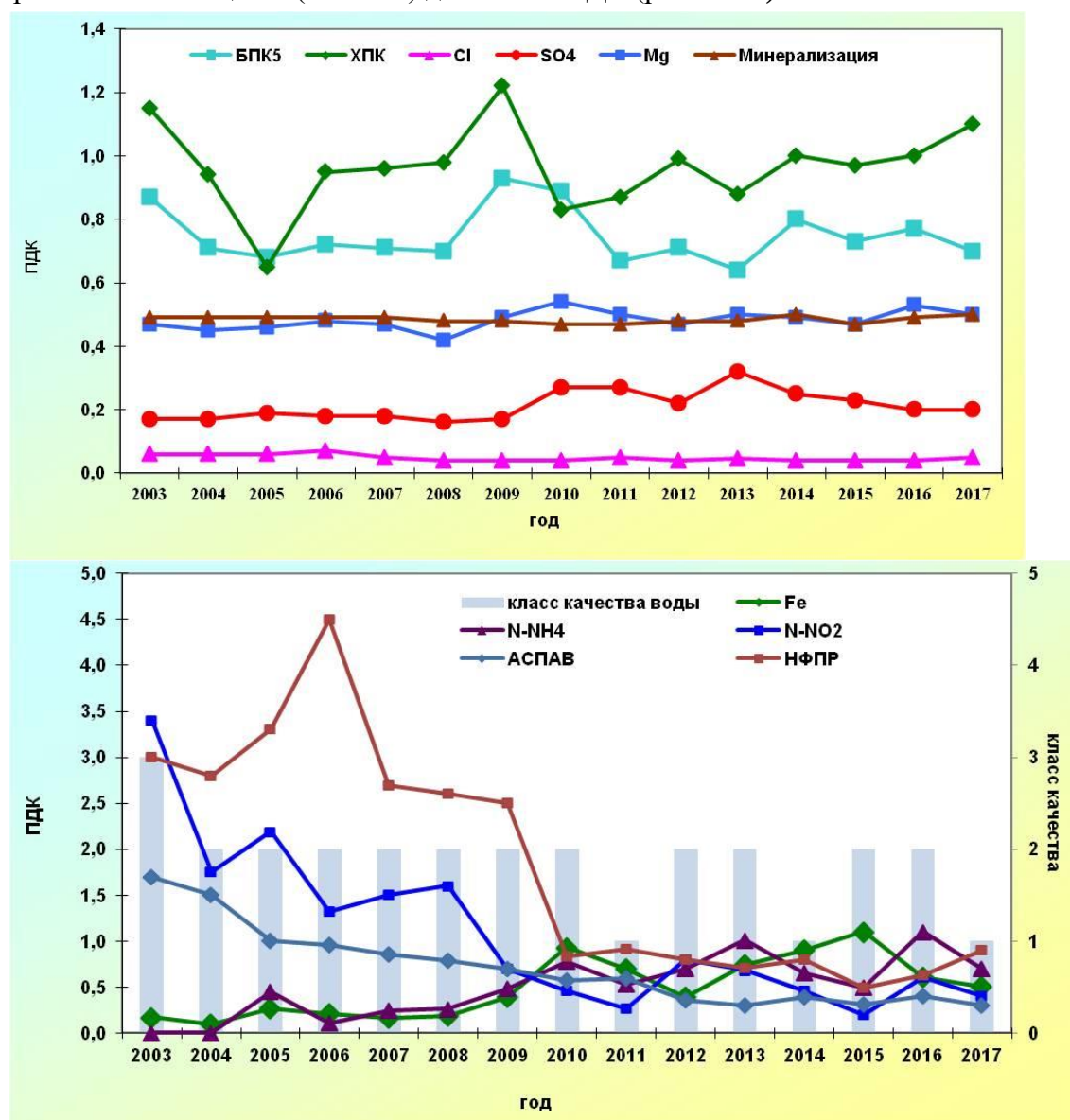


Рис. 3.2.1 Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Ворона в черте г. Уварово многолетнем плане

Река Лесной Воронеж, выше г. Мичуринск с 2000 г. характеризовалась в основном как

«слабо загрязненная»; в отдельные годы как «условно чистая». В 2017 г. по сравнению с 2016 г. в этом створе реки снизилось количество загрязняющих веществ от 6-и до 2-х из 13, учитываемых в комплексной оценке качества воды. Загрязняющими остались органические вещества (по ХПК) и соединения железа, незначительное нарушение норматива которыми фиксировали в 67% и 17% проб воды. Среднегодовые концентрации основных определяемых ингредиентов были ниже ПДК, органических веществ (по ХПК) достигали ПДК. Вода из «слабо загрязненной» перешла в «условно чистую» (рис. 3.2.2).

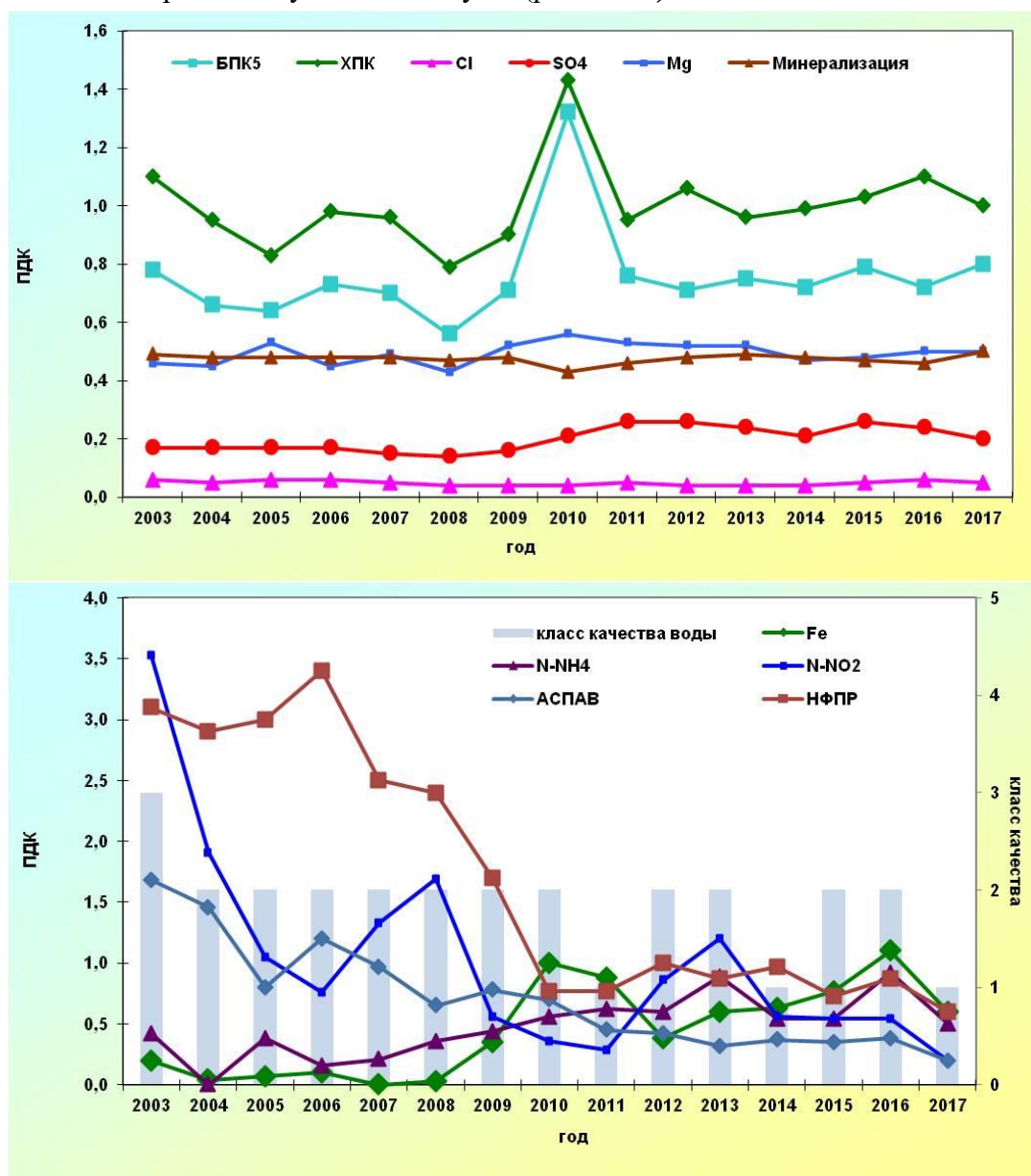


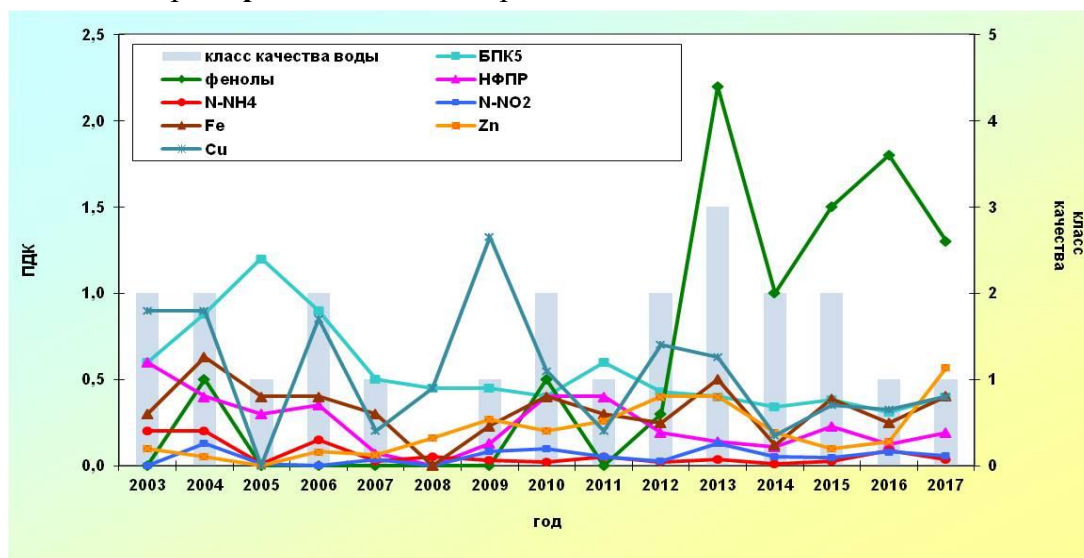
Рис. 3.2.2 Изменение концентраций отдельных ингредиентов и качество воды р. Лесной Воронеж, выше г. Мичуринск многолетнем плане

Бассейн Карского моря

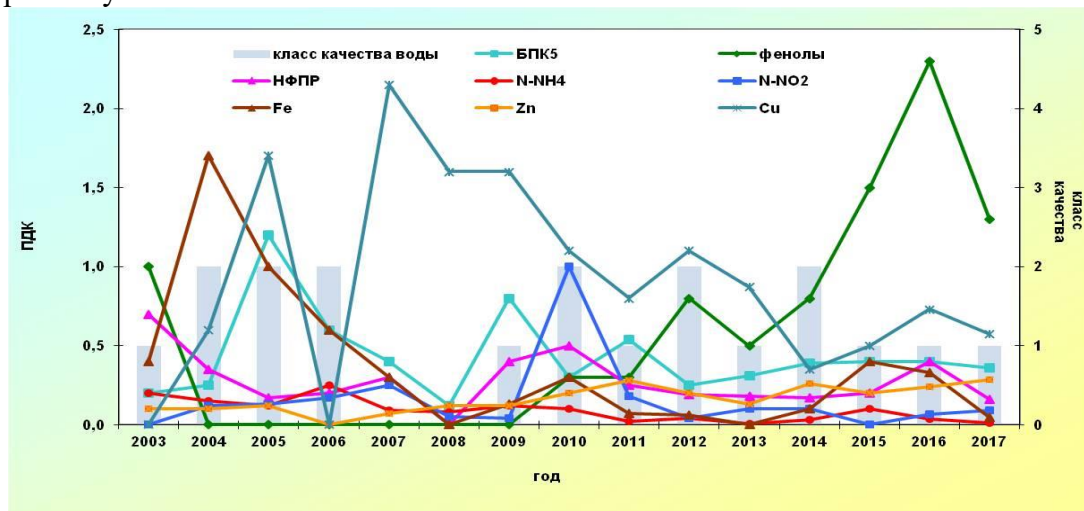
Притоки озера Байкал. В 2017 г. гидрохимические наблюдения проводились на устьевых участках 10 рек, выбранных в качестве фоновых.

Вода рек Голоустная, Бугульдейка, Б. Сухая, Мантуриха, Мысовка, Снежная, Выдриная, Хара-Мурин, Утулик в 2017 г. как и предыдущие годы, характеризовалась как

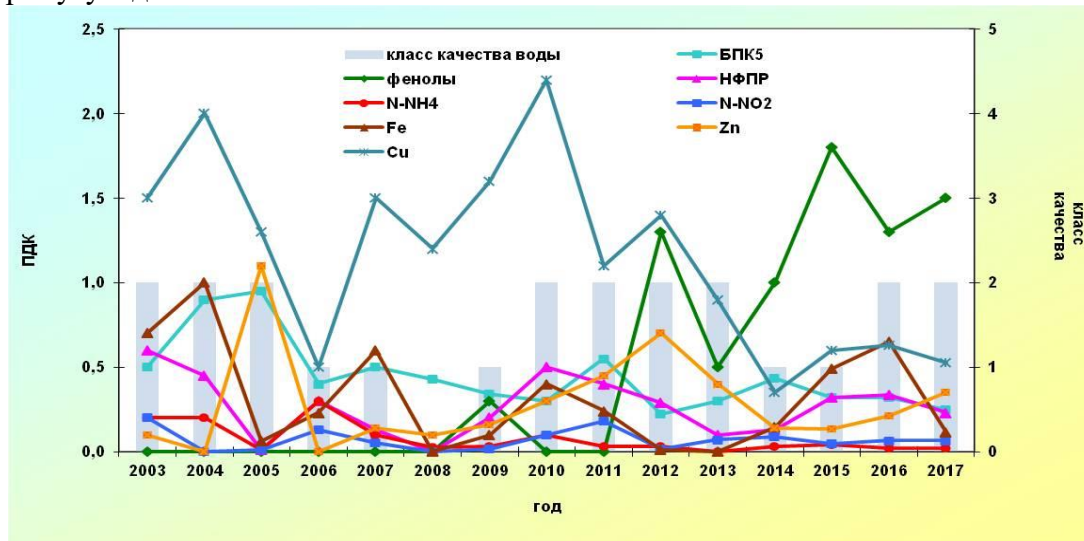
«условно чистая»; р. Сарма как «слабо загрязненная».



а) р. Голоустная

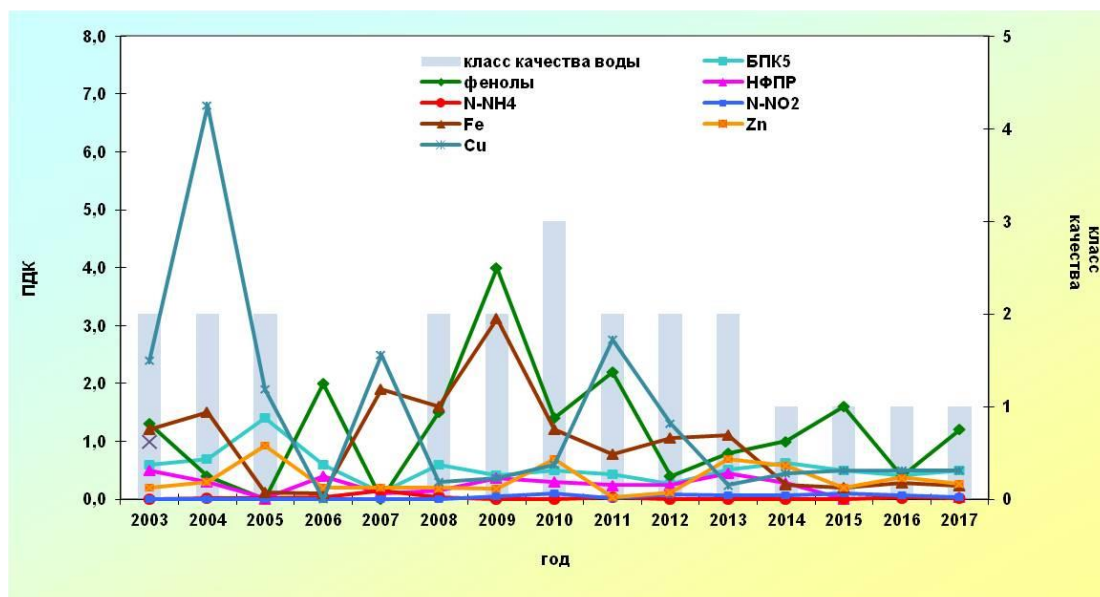


б) р. Бугульдейка

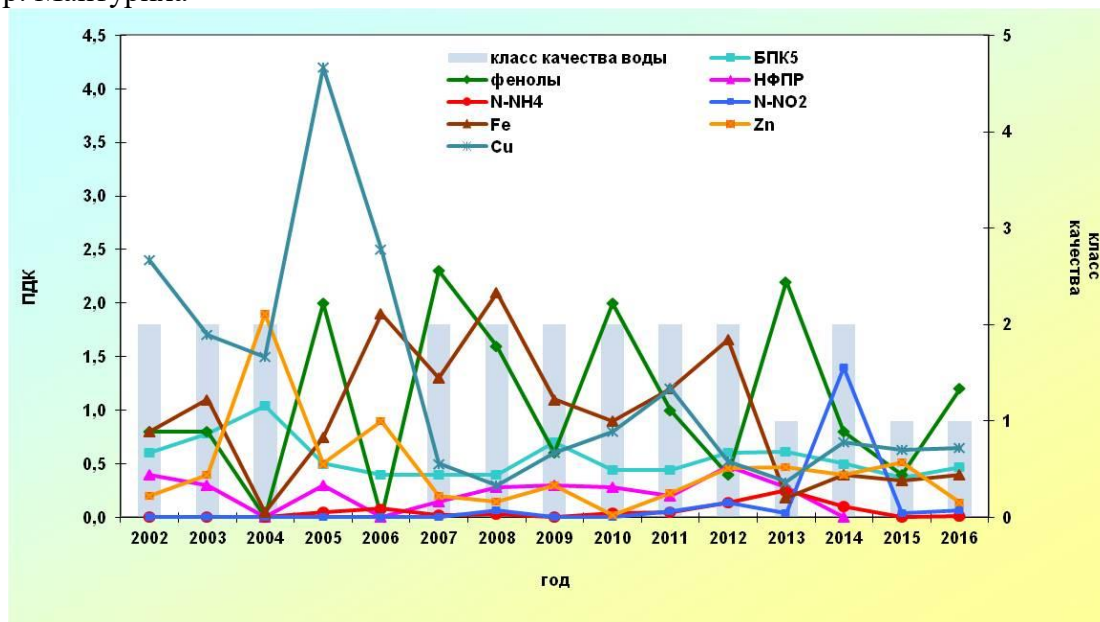


в) р. Сарма

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 2017 г. вода Иркутского водохранилища в большинстве пунктов наблюдений характеризовалась как «условно чистая».

Сохранился высоким уровень качества воды («условно чистая» – 1 класс качества) Иркутского водохранилища на участке ОВП-1 Исток Ангары – п. Патроны, характеризующийся в предыдущие годы (2014-2015 гг.) водой 2 класса качества («слабо загрязненная»).

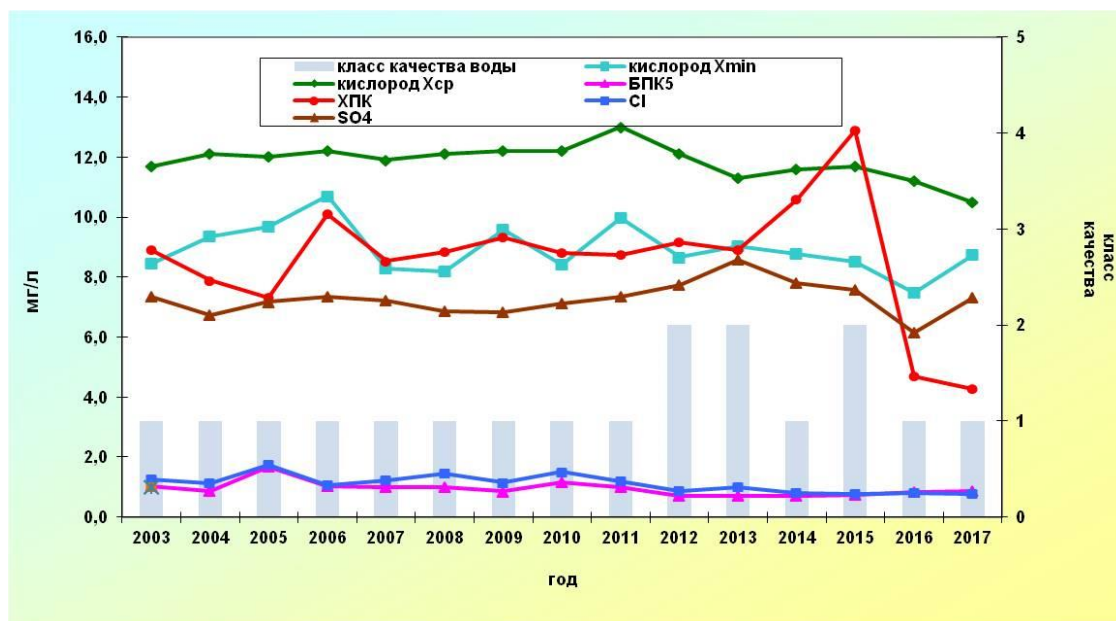


Рис. 3.2.4 Изменение класса качества и среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и показателей качества воды Иркутского водохранилища, ОГП-1 Исток Ангары в многолетнем плане

Бассейн Восточно-Сибирского моря

Река Лена. В 2017 г. вода реки Лена в верхнем течении в створе р.п. Качуг по-прежнему стабилизировалась на уровне 2 класса – «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 превышающие 1 ПДК (рис. 3.2.5).

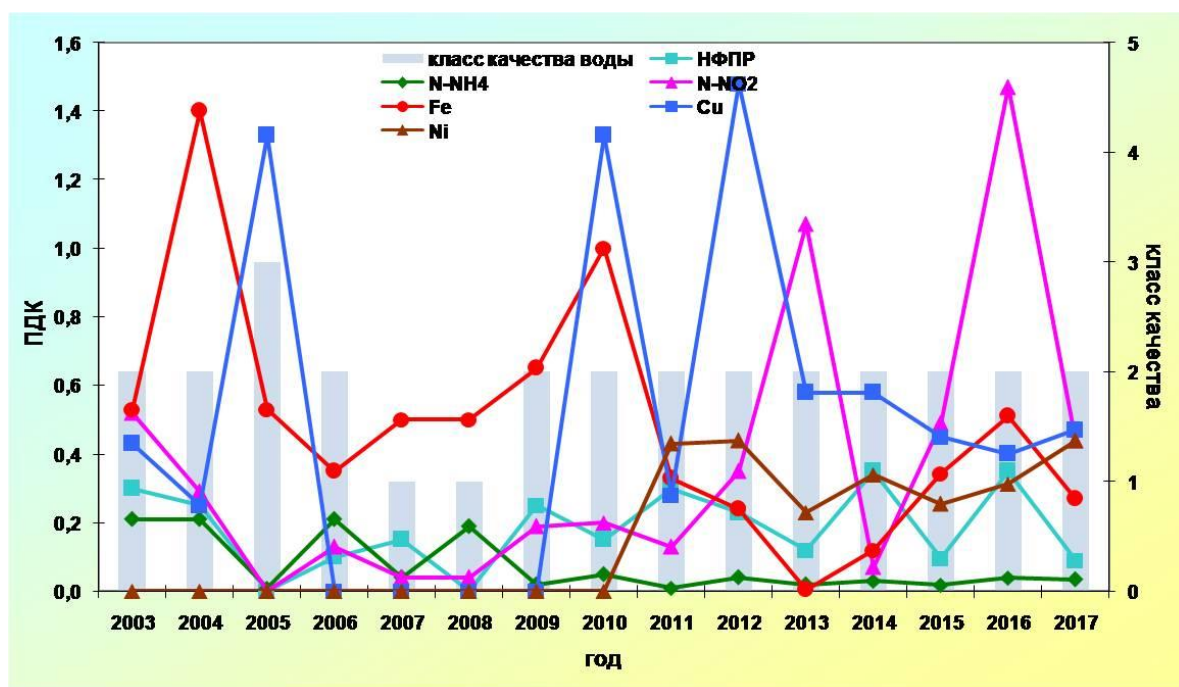


Рис. 3.2.5 Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Лена, р.п. Качуг в многолетнем плане.

В створе г. Усть-Кут качество воды в течение 2014-2017 гг. остается неизменным характеризуется 2 класса как «слабо загрязненная» вода. В 2017 г. среднегодовые концентрации соединений железа, меди, никеля, аммонийного и нитритного азота, нефтепродуктов в воде реки не превышали 1 ПДК (рис. 3.2.6).

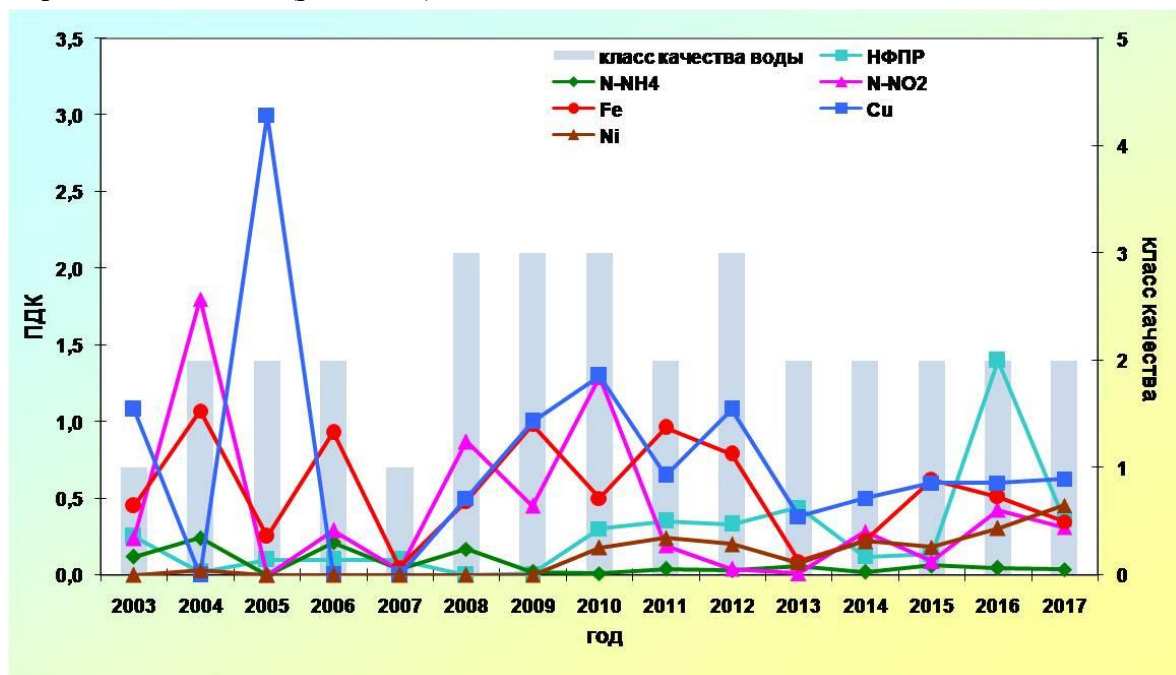


Рис. 3.2.6 Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Лена, г. Усть-Кут

Бассейн Тихого океана

Реки о. Сахалин. Изучение фонового загрязнения поверхностных вод о. Сахалин проводилось на примере обоснованно выбранных участков р. Рогатка выше г. Южно-Сахалинск, р. Правда выше г. Правда. В 2017 г., как и в предшествующий многолетний период, организованный сброс сточных вод в эти реки отсутствовал.

Река Рогатка, приток р. Красносельская в бассейне р. Сусуя, наблюдается на фоновом участке выше г. Южно-Сахалинск. По основному химическому составу вода реки относится к гидрокарбонатному классу группы кальция. Вода реки мало минерализована, суммарное содержание основных ионов в 2017 г. изменялось от 48,8 до 75,7 мг/л и составляло в среднем 58,6 мг/л. Содержание взвешенных веществ в воде рек продолжало снижаться; в 2017 г. не превышало 3,86 мг/л. Хорошим был режим растворенного в воде кислорода, содержание которого в течение года изменялось в пределах 9,10-12,6 мг/л.

По-прежнему невысоким было содержание в воде органических веществ (по ХПК), которое характеризовалось значениями ниже нормативного в пределах 6,10-9,90 мг/л. В 2017 г. как и в предыдущем году в воде р. Рогатка отсутствовали фенолы, АСПАВ. На этом участке реки концентрации нефтепродуктов, аммонийного азота, фосфатов, соединений меди и кадмия, железа не превышали ПДК (рис 3.2.7).

В 2017 г. вода р. Рогатка характеризовалась хорошим качеством, как «слабо загрязненная».

Река Правда. По химическому составу вода реки относится к гидрокарбонатно-

сульфатному классу группы натрия. Концентрация сульфатов в воде реки в среднем варьировала от 4,10 до 35,6 мг/л. Минерализация воды р. Правда выше п. Правда не высокая, в 2017 г. колебалась в интервале от 46 до 130 мг/л и в среднем составляла 94 мг/л. Содержание взвешенных веществ в реке по сравнению с предыдущим годом возросло в среднем до 70 мг/л с максимальной концентрацией 259 мг/л. Режим растворенного в воде кислорода, как и в предыдущие годы был удовлетворительным, на данном участке концентрация которого варьировала в течение года от 9,50 до 14,3 мг/л.

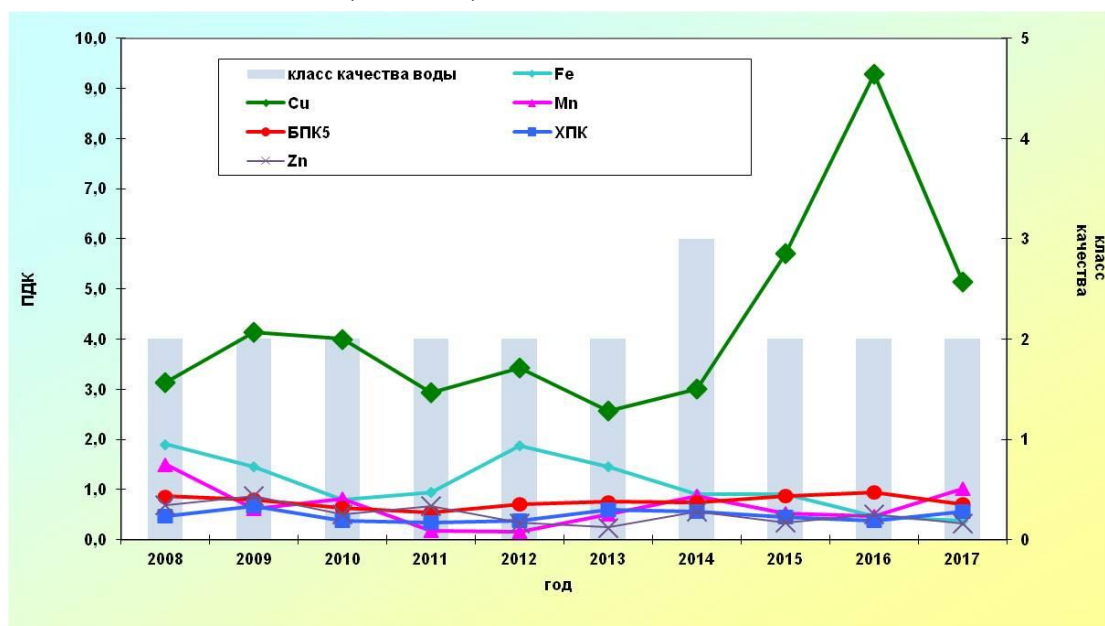


Рис. 3.2.7 Изменение класса качества и среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и показателей качества воды р. Рогатка в створе выше г. Южно-Сахалинск в многолетнем плане

АСПАВ, соединения никеля и кадмия в воде реки отсутствовали. Загрязненность воды соединениями меди снизилась от 5,14 до 3,29 ПДК; соединениями железа возросла от 1,14 до 1,87 ПДК (рис. 3.2.8).

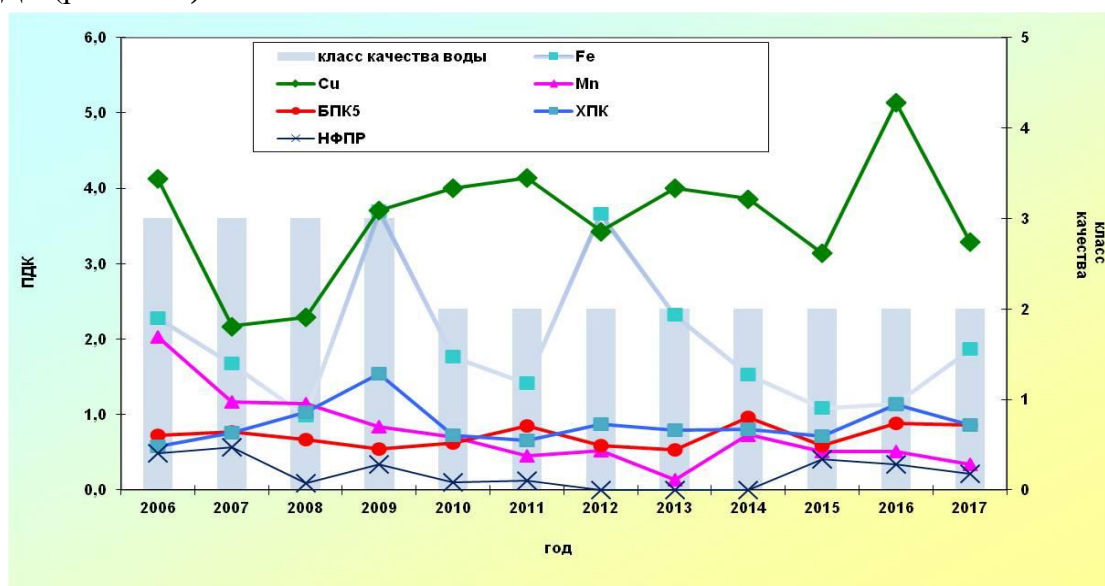


Рис. 3.2.8 Изменение класса качества воды и среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и показателей качества воды р. Правда в створе выше п. Правда в многолетнем плане

Качество воды р. Правда выше п. Правда существенно не изменилось и в течении 2011-2017 гг. стабилизировалось в пределах 2-го класса и характеризовалась «слабо загрязненной» водой.

Полуостров Камчатка. Изучение фоновое состояние речных вод полуострова проводилось на р. Камчатка, 0,8 км на север от с. Пушино; р. Берш в створе 2,5 км к западу от с. Пушино; р. Большая (Быстрая) выше с. Малки. В 2017 г., как и в предшествующий многолетний период, организованный сброс сточных вод в эти реки отсутствовал.

Река Камчатка. Вода реки по химическому составу относится к маломинерализованной, группе кальция. Минерализация воды невысокая, варьировала от 48,4 до 69,7 мг/л. Концентрации растворенного в воде кислорода в 2017 г. составляла 7,93-9,03 мг/л. По качеству вода реки стабильно характеризуется как «слабо загрязненная».

На этом участке реки случаи превышения ПДК отмечали лишь по 3-4 веществам. В 2017 г. содержание в воде р. Камчатка к северу от с. Пушино органических веществ (по БПК₅ и ХПК), соединений минерального азота, соединений кадмия, фосфатов не превышало ПДК.

Снизилась в 2017 г. концентрации в воде соединений меди и свинца в среднем до 2,9 и 0,35 ПДК. Осталась практически неизменной 5 ПДК загрязненность воды на этом участке нефтепродуктами.

Река Берш в 2017 г. характеризовалась как «загрязненная» и соответствовала 3-му классу качества (разряд «а») (рис. 3.2.9).

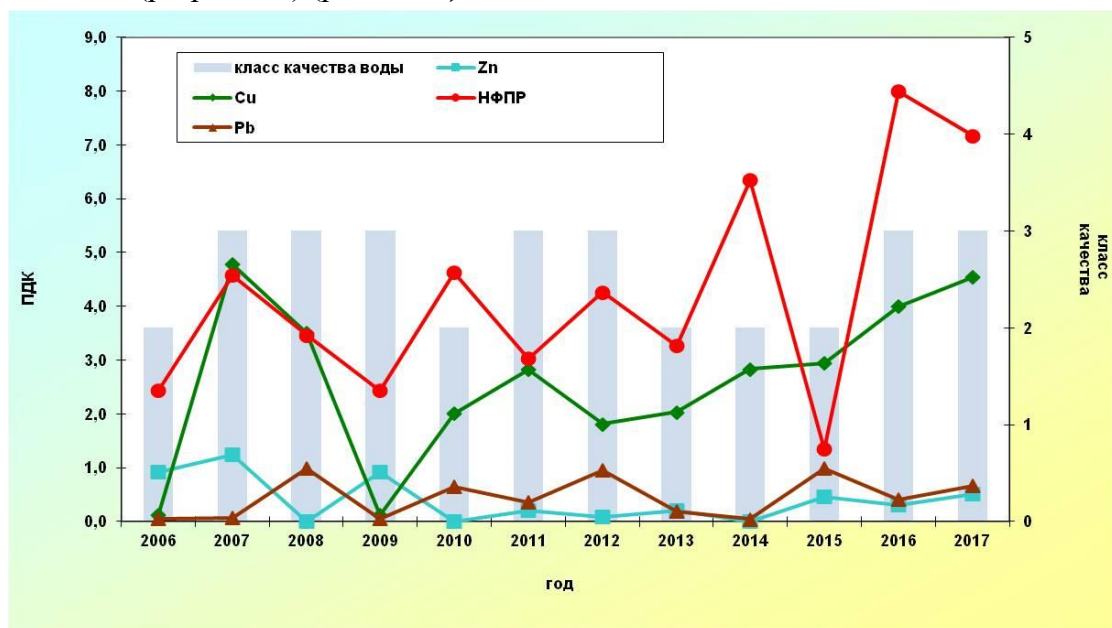


Рис. 3.2.9 Изменение класса качества и среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и показателей качества воды р. Берш в створе с. Пушино в многолетнем плане

Концентрации в воде р. Берш, с. Пушино органических веществ (по БПК₅ и ХПК), аммонийного и нитритного азота, фосфатов, соединений кадмия в воде реки не превышали ПДК.

Содержание соединений меди в воде р. Берш в среднем не изменилось и превышало ПДК в 4,5 раза. Уровень минерализации воды реки варьировал в диапазоне от 53,1 до 120 мг/л.

Содержание нефтепродуктов в воде р. Берш в створе 2,5 км к западу от с. Пушино

уменьшилось от 8 ПДК в 2016 г. до 7 ПДК в 2017 г.

Река Большая (Быстрая) на фоновом участке выше с. Малки характеризовалась снижением загрязненности воды нефтепродуктами в среднем до 2 ПДК.

Концентрации в воде реки органических веществ (по БПК₅ и ХПК), фосфатов, АСПАВ, аммонийного и нитритного азота по-прежнему не превышали ПДК.

В 2017 г. существенно не изменилась периодически наблюдающаяся невысокая загрязненность воды реки соединениями цинка и свинца, концентрации которых составляли 0,4 и 0,5 ПДК. Значительно снизились концентрации в воде реки фенолов, от 7 ПДК в 2016 г. до 1 ПДК в 2017 г.

По качеству вода р. Большая (Быстрая) в створе 0,5 км выше с. Малки характеризовалась в течение 2015-2017 г. как «загрязненная».

Заключение

В бассейне Дона вода на фоновых створах периодически оценивается как «условно чистая» или «слабо загрязненная».

Качество воды притоков Байкала и Иркутского водохранилища в фоновых створах стабилизировалось на уровне «условно чистая»; за исключением р. Сарма, вода которой, как и в предыдущие годы, в 2017 г. оценивалась «слабо загрязненной».

В бассейне Тихого океана вода рек Рогатка, Правда, Камчатка продолжала оцениваться как «слабо загрязненная»; рек Берш и Большая (Быстрая) в 2011-2012 гг. и 2016-2017 гг. ухудшалась до уровня «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 с использованием опыта программ мониторинга в рамках европейской Конвенции по трансграничному загрязнению воздуха (ICP-Waters, ICP-IM), региональных сетей мониторинга ряда стран, включая Россию, и долгосрочных исследовательских проектов в Европе и Японии.

На территории России 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 Обзорах за 2011 и 2015 г, в ежегодниках данных ЕАНЕТ и 2-м Периодическом отчете о состоянии кислотных выпадений в Восточной Азии (2011, <http://www.eanet.asia/product/index.html>).

В 2017 году для реки Комаровка содержание кислотообразующих соединений и макроионов было близко к средним многолетним значениям, кроме нитратов. Для реки Переемная не отмечалось существенных отклонений уровня содержания кислотообразующих соединений и макроионов от средних многолетних показателей (Табл. 3.3.1), тем не менее, среднегодовые значения концентраций аммония и нитритов продолжают оставаться низкими.

Таблица 3.3.1. Средние многолетние концентрации основных ионов и диапазон их изменений в поверхностных водах водотоков в районах станций ЕАНЕТ в 2007-2017 гг.

Вещество (измеряемое соединение)	р. Комаровка (Приморье)			р. Переемная (бассейн оз. Байкал)		
	Среднее		Диапазон измерений (2007-2017)	Среднее		Диапазон измерений (2007-2017)
	многолетнее	2017 г		многолетнее	2017 г	
рН	7,0	6,96	6,5 - 7,5	6,8	6,8	6,4 - 7,2
SO ₄ ²⁻ , мг/л	11,7	14,5	3,6 - 16,3	11,0	11,8	6,4 - 15,4
NO ₃ ⁻ , мг/л	1,7	3,97	0,1 - 6,2	0,73	0,85	0,18 - 1,30
NH ₄ ⁺ , мг/л	0,20	0,19	0,01 - 1,03	0,03	0,01	нпо - 0,25
Ca ²⁺ , мг/л	8,4	10,0	6,4 - 11,5	4,8	4,9	3,0 - 6,3
Mg ²⁺ , мг/л	2,2	1,9	1,5 - 3,3	0,88	0,97	0,50 - 1,34
NO ₂ ⁻ , мг/л	0,03	0,02	нпо - 0,12	0,002	0,002	нпо - 0,08

Кислотность поверхностных вод

За исследуемый период среднегодовые значения величины рН воды в р. Переемной изменялось в пределах от 6,6 до 7,0, при среднем многолетнем 6,7 и вариациями значений измерений от 6,4 до 7,2 ед. рН. В сезонном ходе наиболее высокие значения наблюдаются летом: среднее за многолетний период 7,0. Среднее значение рН для зимы около 6,7, наиболее низкие значения наблюдались весной.

В Приморье в водах р. Комаровка в 2017 году наблюдается увеличение уровня кислотности, значения колебались от 6,7 до 7,1 ед. рН, среднее за год составило 7,0, что выше значений показателя за предыдущие 2 года. Для р. Комаровки в целом не наблюдалось значительных различий величины рН между сезонами и выраженного многолетнего внутригодового хода значений: среднее значение для сезонов составляет 7,0±0,1 ед. рН. Однако, с 2013 г., как правило, для конца весны характерно некоторое снижение до 6,6–6,8 ед. рН.

По результатам наблюдений за 2007-2017 гг. сохраняются отмеченные ранее тенденции: выраженный рост кислотности воды в р. Комаровка, несмотря на более высокие значения pH в 2017 г., и в среднем примерно одинаковый уровень значений в р. Переемная (рис.3.3.1). Накопленный материал позволяет фиксировать первые оценки, но для надежного определения количественных характеристик изменений кислотности необходимы более длительные ряды измерения и, возможно, более специализированные детальные расчеты.

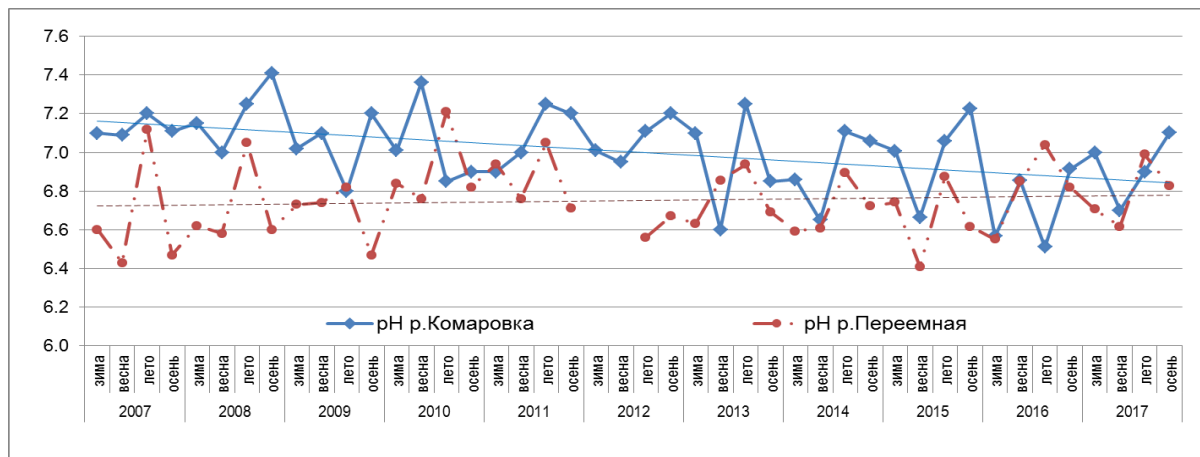


Рис.3.3.1 Тенденции изменения pH в поверхностных водах на станциях ЕАНЕТ в Приморье и в районе оз. Байкал.

Содержание сульфатов

В 2017 году среднегодовое содержание сульфатов в воде р. Комаровка составило 11,47 мг/л, чуть ниже среднего значения за период наблюдения 2007-2017 гг. При этом в течение года значения изменялись относительно слабо, большинство значений, кроме периода зимней межени, были в пределах менее 10% от среднего. Для р. Переемная среднегодовая концентрация очень близка к среднему многолетнему значению (Таблица 3.3.1), при этом интервал изменений также оставался на уровне характерных значений от 8,7 до 13,5 мг/л.

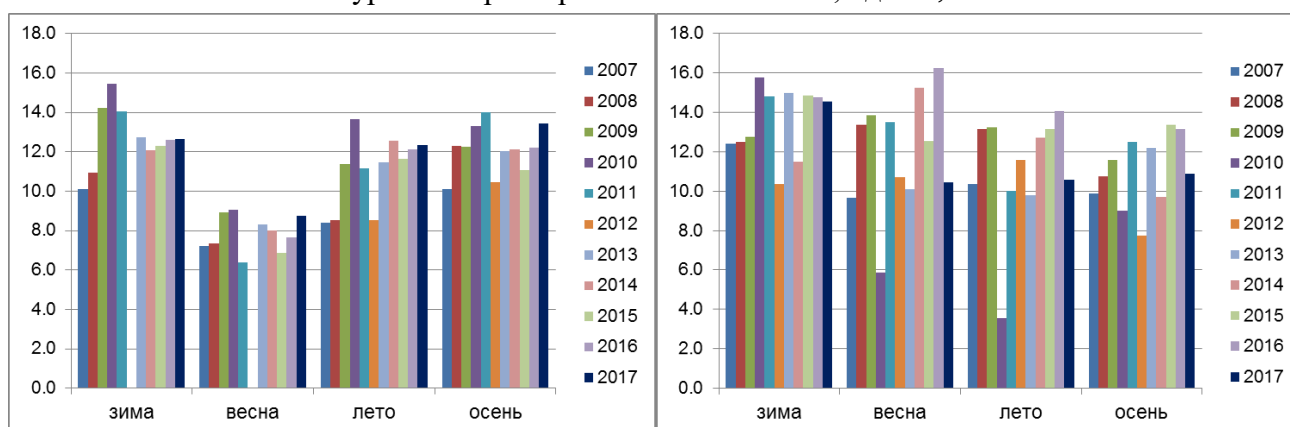


Рис.3.3.2 Сезонные изменения концентраций сульфатов (мг/л) в водах р. Переемная (слева) и р. Комаровка (справа) в 2007-2016 гг.

В годовом ходе концентраций для р. Комаровка отсутствуют повторяющиеся ежегодно сезоны с минимальным значением, тогда как для р. Переемной отмечается выраженное уменьшение концентраций в весенние месяцы. В 2017 г. уровень содержания сульфатов в разные сезоны почти не отличался от наблюдавшихся в последние 4 года для реки Комаровка, и попадал в интервалы межгодовых изменений на последние 6 лет для реки Переемная (рис. 3.3.3).

Содержание нитратов

В 2017 году среднегодовое содержание нитратов в воде р. Комаровка также возросло и составило 3,97 мг/л, что более чем в два раза выше уровня среднемноголетних значений. Для р. Переемная значительных изменений 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 1,71 и 0,73 мг/л, соответственно. Для р. Переемная в годовом ходе явно прослеживается закономерность снижения концентрации в летне-осенний период. В сезонном ходе р. Комаровка отсутствуют четкие закономерности, тем не менее, в некоторые годы прослеживается снижение содержания нитратов в летний и осенний сезоны (Рис. 3.3.3).

Для р. Переемная в 2007-2017 гг. отмечается долговременная тенденция снижения содержания нитратов, несмотря на более высокие концентрации в переходные сезоны в 2017 г. Для р. Комаровки отчетливо наблюдается повышение содержания нитратов в 2016-2017 гг., однако статистически обоснованная многолетняя зависимость прослеживается слабо (рис.3.3.4).

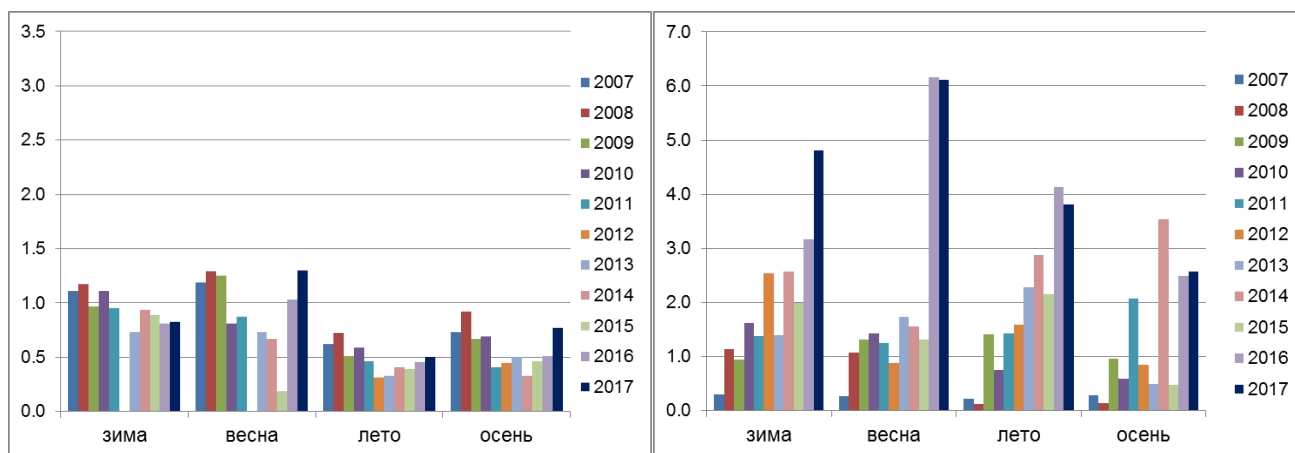


Рис.3.3.3 Внутригодовые изменения концентраций нитратов (мг/л) в р. Переемная (слева) и р. Комаровка (справа) в 2007-2017 гг.

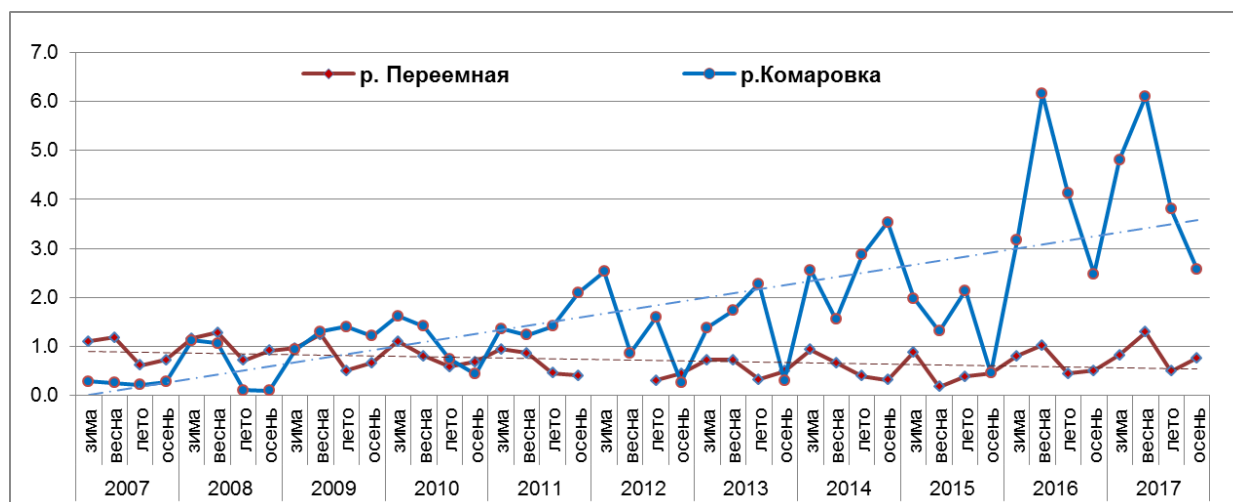


Рис.3.3.4 Тенденции изменения концентраций нитратов (мг/л) в поверхностных водах на станциях ЕАНЕТ в Приморье (р. Комаровка) и в районе оз. Байкал (р. Переемная).

Основные катионы

Среднее содержание ионов кальция, являющегося преобладающим из катионов, для р. Комаровка в 2017 году повысилось, достигнув максимального среднегодового значения за пе-

риод наблюдений 10,0 мг/л, при среднем многолетнем 8,43 мг/л. Содержание магния, наоборот, незначительно снизилось. 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 (почти в 2 раза) выше, чем в р. Переемная.

Среднегодовое содержание ионов кальция в воде р. Комаровка в 2017 году было несколько выше, чем в предыдущие за годы наблюдений, из-за более высоких концентраций в осенний и зимний периоды (Рис. 3.3.5). Среднегодовое содержание кальция в воде р. Переемная в 2016 г. было характерным для последних лет и составило 4,94 мг/л при колебаниях концентраций в течение года от 3,55 мг/л до 5,60 мг/л.

Содержание ионов магния в водах р. Комаровки в 2017 году снизилось до 1,91 мг/л, в основном весенне-летних концентраций (от 1,6-1,8 мг/л). Среднегодовое содержание ионов магния в воде р. Переемная было характерным для уровней последних лет, составив 0,97 мг/л, при повышении концентраций до 1,34 мг/л в ранне-весенний период (Рис. 3.3.6). В целом, содержание ионов магния в 2017 году незначительно отличалось от многолетних уровней.

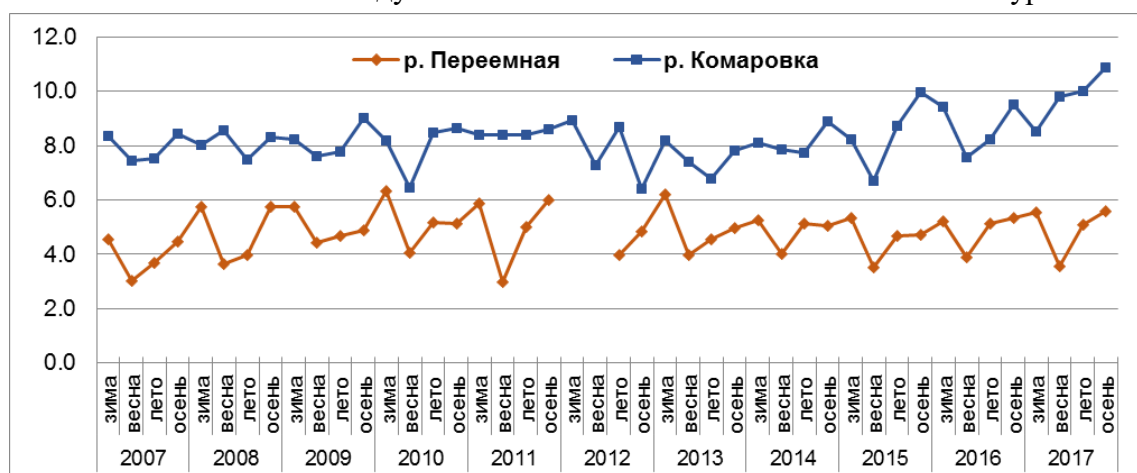


Рис.3.3.5 Изменения концентраций кальция (мг/л) в поверхностных водах на станциях ЕАНЕТ в Приморье (р. Комаровка) и в районе оз. Байкал

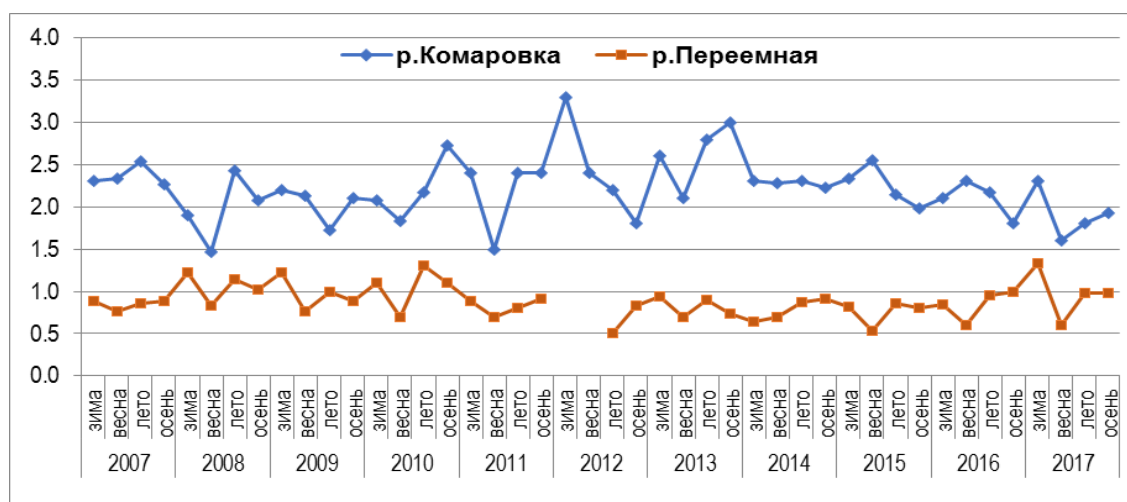


Рис.3.3.6 Изменения концентраций магния (мг/л) в поверхностных водах на станциях ЕАНЕТ в Приморье (р. Комаровка) и в районе оз. Байкал

Содержание аммония в водах р. Переемная в 2017 году было ниже среднего многолетнего и в разные сезоны практически не изменялось, с несколько более низким содержанием в

осенний и весенний период. При низких уровнях концентраций отмечается продолжающаяся тенденция уменьшения содержания аммония за последние 10 лет (Рис. 3.3.7).

В водах р. Комаровка среднегодовое значение концентраций NH_4^+ было на уровне многолетних значений, измеренные концентрации на порядок выше, чем в регионе оз. Байкал.



Рис.3.3.7 Изменения сезонных 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 невелики, в отличие от сульфатов. В отличие от предыдущих лет, когда содержание сульфатов было в целом более высокое, чем кальция, в 2017 г. их массовые концентрации были очень близки, кроме периода зимней межени. Уровень концентраций нитратов в водах реки существенно ниже концентраций кальция и сульфатов.

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. Обычно для р. Комаровка содержание кальция (в эквивалентных единицах) всегда примерно в полтора раза выше, чем общее содержание сульфатов и нитратов, однако в 2017 г. их отношение возросло до 1,9-2,0. При этом изменений близкого к нейтральному рН поверхностных вод в малых реках Приморья не отмечено (Рис. 3.3.8).

Как и в предыдущие годы, в 2017 году в водах р. Переемная преобладающими анионами были сульфаты, а катионами – кальций, при массовых концентрациях сульфатов более чем вдвое выше, чем для кальция (Рис. 3.3.9). В течение 2017 года отношение кальция к сумме ионов сульфатов и нитратов (в экв) оставалось ниже 1,0 (0,87-0,96), что характеризует низкий уровень буферной способности к нейтрализации кислотных компонентов. Вода реки оценивается как крайне неустойчивая к закислению.

В целом по результатам фоновых наблюдений за содержанием химических веществ в поверхностных водах в районах станций сети ЕАНЕТ, в 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 10 лет в целом сохраняются стабильными.

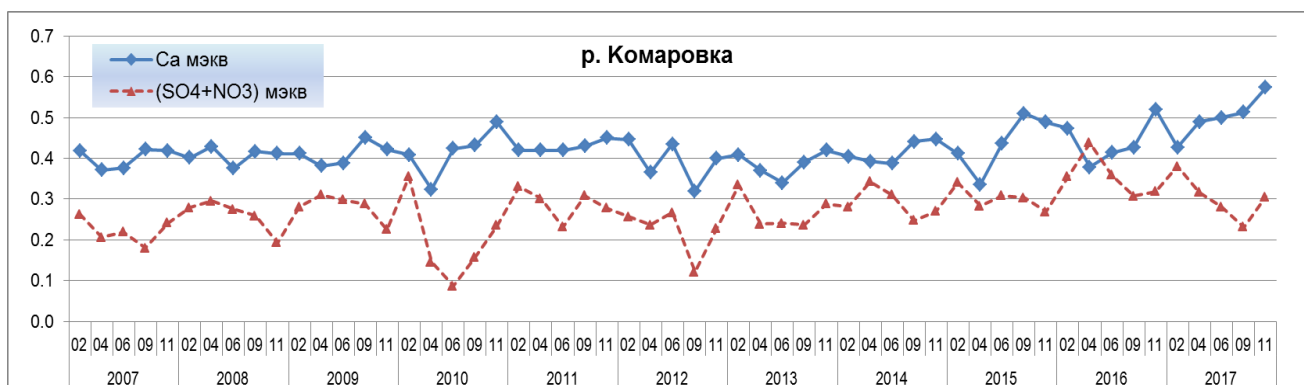
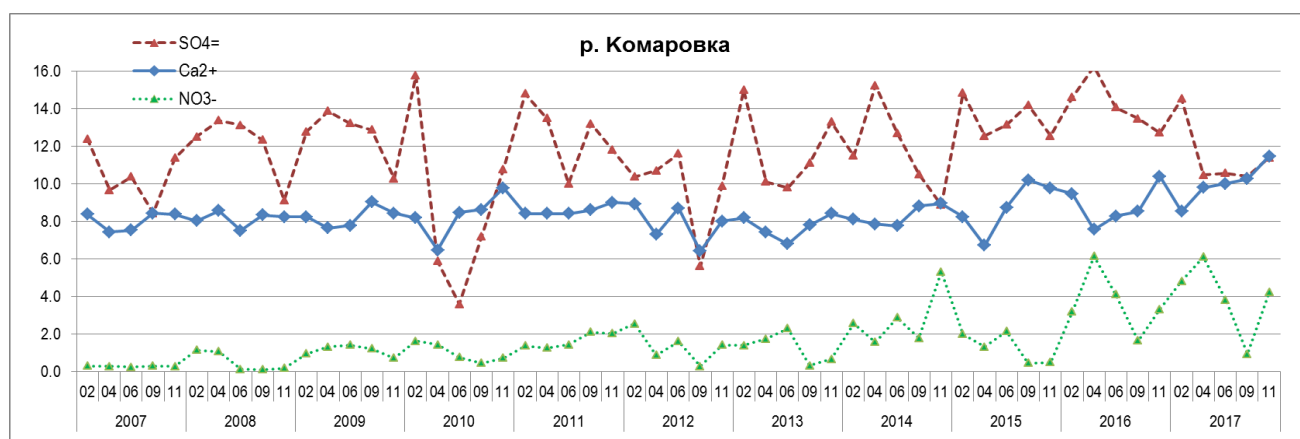


Рис.3.3.8 Тренды согласованного изменения сульфатов, нитратов и кальция (верхний, мг/л) и их эквивалентов (нижний, мэкв/л) в поверхностных водах на станции ЕАНЕТ Приморская в 2007-2017 гг.

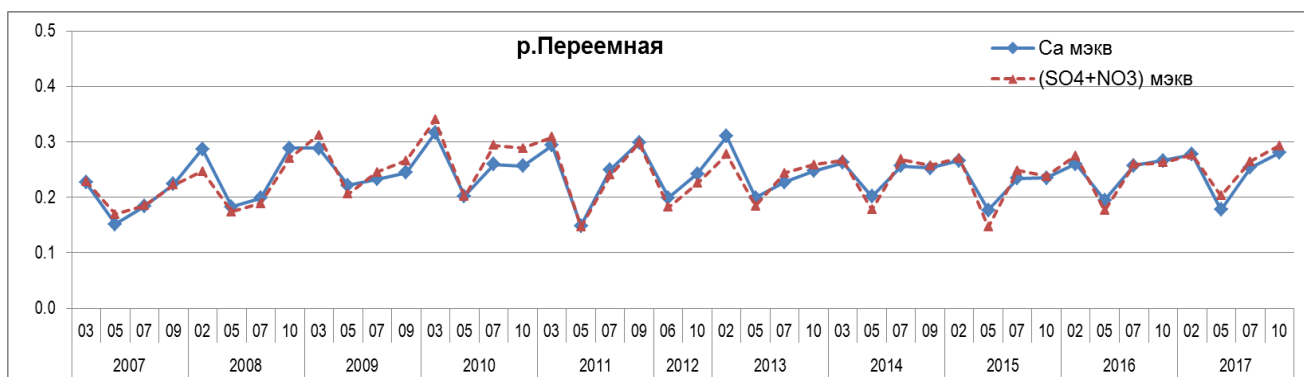
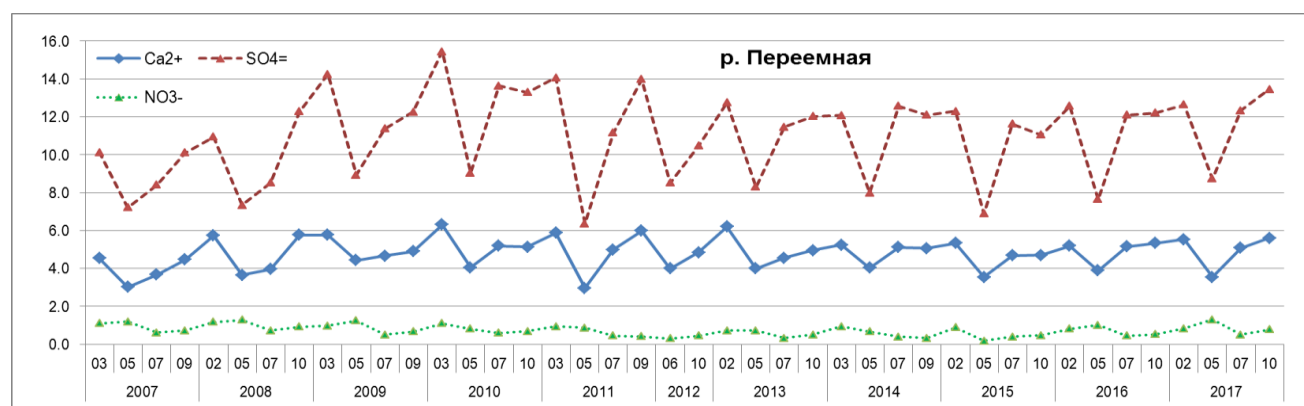


Рис.3.3.9 Тренды согласованного изменения сульфатов, нитратов и кальция (верхний, мг/л) и их эквивалентов (нижний, мэкв/л) в поверхностных водах р. Переемная в 2007-2017 гг.

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 2017 году фоновые гидробиологические наблюдения осуществлялись на 14 водных объектах, соответствующих критериям фоновых участков, из них 8 участков расположены на территории 5 государственных природных, в том числе биосферных, заповедников и их охранных зонах (Большехехцирский, Жигулевский, Лапландский БЗ, Приокско-Тerrasный БЗ, Усть-Ленский).

Баренцевский гидрографический район

Наблюдения в 2017 г. проводило Мурманское УГМС на фоновых участках 5 водных объектов: 4 рек и 1 озера.

Бассейн реки Туломы: р. Лотта (п. Светлый, устье). В альгоценозе р. Лотта в 2017 г. зарегистрировано максимальное за весь период мониторинга число видов фитопланктона – 53 (в 2016 г. – 33 вида, в 2015 – 48, в 2014 г. – 38, в 2013 г. – 28, в 2012 г. – 36, в 2011 г. – 43). Основу таксоценоза формировали диатомовые – 26 видов и зеленые – 16, золотистые водоросли и синезеленые представлены – по 4 вида, и пиррофитовые – 3 вида. Количественные характеристики незначительно ниже среднемноголетних. В июне доминирует диатомовый комплекс видов, составляя до 58% общей численности, в августе доминирующему комплексу сопутствовали синезеленые достигая 36% общей численности (далее – ОЧ).

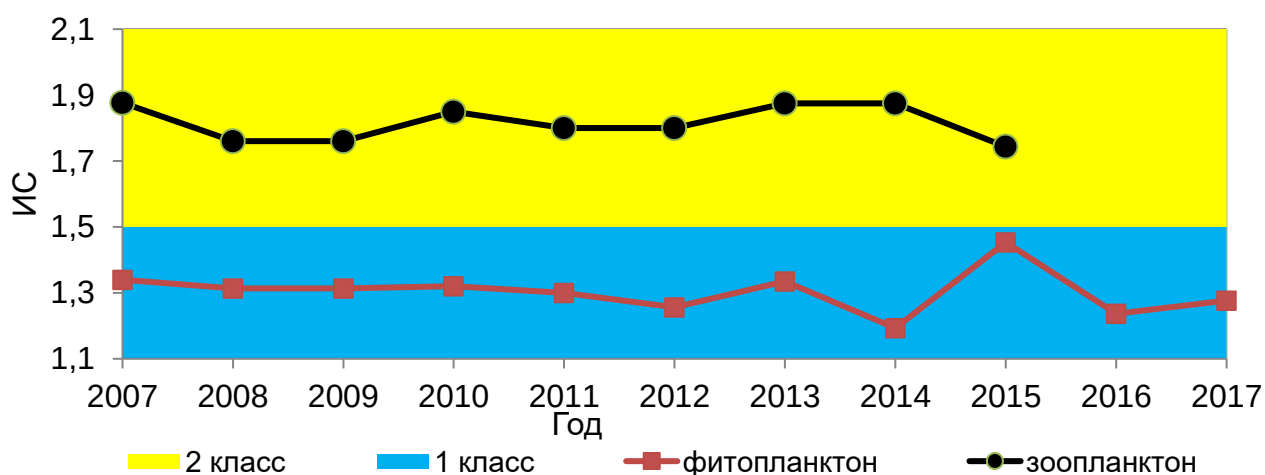


Рис. 3.4.1 Значения индекса сапробности (ИС) в 2007-2017 гг., р. Лотта

Качество воды в реке по показателям фитопланктона остается неизменным последние 10 лет. Экосистема реки находится в состоянии экологического благополучия с элементами экологического напряжения.

Бассейн реки Колы: р. Кица (ст. Лопарская, устье). Качественный состав альгоценоза реки Кица в 2017 незначительно сократился по отношению к таксоценозу в 2016 году и насчитывал 33 вида. Флуктуации видового разнообразия (в 2016 г. встречено 37 видов, в 2015 г.

– 48, в 2014 г. – 50, в 2013 г. – 35, в 2012 г. – 49) лежат в пределах среднемноголетних границ изменчивости. Основу таксоцены формировали диатомовые водоросли – 24 вида, зеленых встречено 5 видов, синезеленых – 2, золотистых и пиррофитовых – по 1-му. По биомассе в июне доминировал диатомовый комплекс, в августе – комплекс зеленых водорослей. Количественное распределение в пределах среднемноголетних величин. В июне доминировал комплекс диатомовых водорослей, в летние и осенние месяцы уступающий комплексу зеленых и синезеленых.

На ряду со снижением качественного состава фитопланктона отмечено снижение видового разнообразия и зоопланктоного сообщества, в нем встречено – 8 видов (в 2016 г. – 18, в 2015 г. – 16, в 2013 г. – 18, в 2012 г. – 25). Таксономические группы в 2017 году распределялись следующим образом – 3 вида коловраток, 4 – ветвистоусых и 1 вид веслоногих ракообразных. Максимальных количественных показателей сообщество зоопланктона достигло в конце вегетационного сезона. В июне общий аспект зооценоза ротаторный, коловратки составляли 100% всей численности. В августе произошла смена доминантной группы, массового развития достигли клadoцеры, составляя до 75% ОЧ.

Количественные характеристики сообществ и среднегодовые значения индекса сапробности (ИС) и биотический индекс (БИ) лежат в среднемноголетнем интервале за последние 10 лет (рис. 3.4.2). Экосистема реки находится в состоянии антропогенного экологического напряжения.

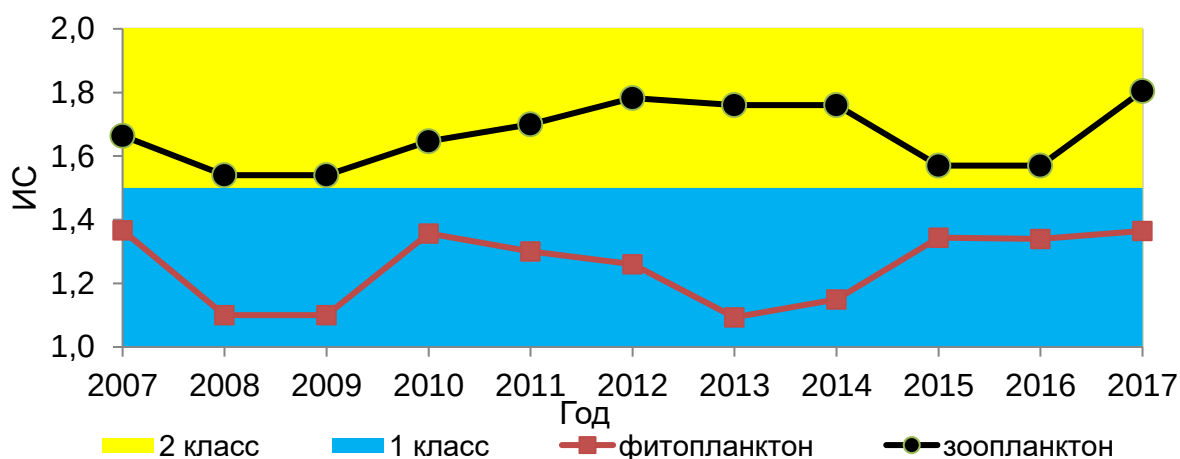


Рис. 3.4.2 Значения ИС в 2007-2017 гг., р. Куца

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 проводятся на створе с внешней стороны границы Лапландского биосферного заповедника по показателям фитопланктона и зоопланктона. Альгоценоз фитопланктона фонового створа насчитывал 49 (в 2016 г. встречено 40, в 2015 г. – 43, в 2014 г. – 49, в 2013 г. – 40, в 2012 г. – 33, в 2011 г. – 46), среди которых наибольшее разнообразие принадлежит диатомовым – 19 и зеленым водорослям – 16, синезеленые и пиррофитовые представлены – по 5 видов, золотистые – 4. В июле зафиксирован пик развития альгофлоры, в это время основу цветения формировали

золотистые водоросли, достигая - 87% общей численности и до 67% общей биомассы. В остальные периоды общая численность варьировала 0,86-0,87 тыс.кл/мл при биомассе водорослей не более 1,04 мг/л. В июне и августе по количественному составу со-доминировали диатомовые и синезеленые. В августе более 50% всей биомассы составляли нитчатые зеленые водоросли чувствительные к антропогенному загрязнению виды-индикаторы.

В составе зоопланктона встречен 21 вид (в 2016 г. встречено 14 таксонов, в 2015 г. – 22, в 2014 г. – 21, в 2013 г. – 16), наибольшее видовое разнообразие принадлежало коловраткам - 14 видов, ветвистоусые и веслоногие раки представлены – 5 –ю и 2-мя видами соответственно. Зоопланктон на фоновом створе характеризовался низкими количественными значениями. В начале вегетационного сезона – преобладали науплиальные и I-IV копепоидные стадии копепоид, в июле и августе ведущая роль принадлежала коловраткам (88% ОЧ).

Полученные результаты лежат в пределах среднемноголетней динамики (рис. 3.4.3) и свидетельствуют о благополучии состояния экосистемы, класс качества – условно чистые.

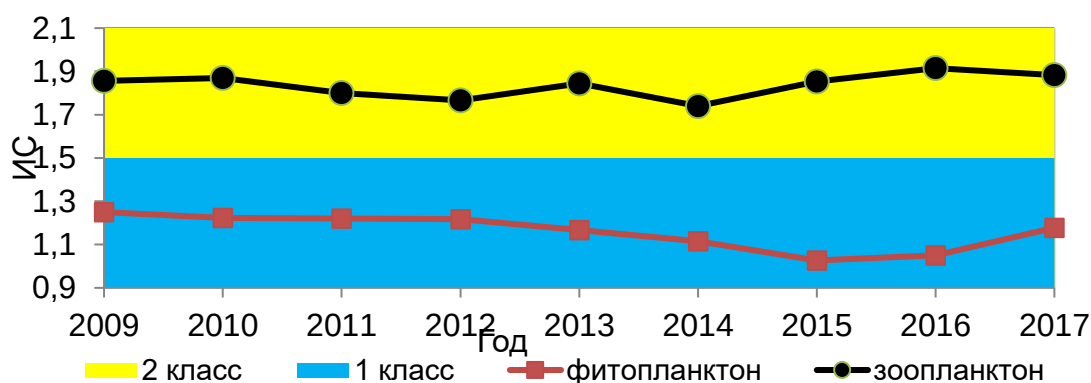


Рис. 3.4.3 Значения ИС в 2009-2017 гг., р. Вите

Исток р. Нижней Чуны из оз. Чунозеро. Пункт расположен у границы Лапландского биосферного заповедника, наблюдения проводили на р. Нижняя Чуна по показателям фитопланктона и зоопланктона.

Альгоценоз фитопланктона включает 49 видов водорослей видов (в 2016 году – 42, в 2015 году – 54, в 2014 г. – 55, в 2013 г. – 47, в 2012 г. – 50, в 2011 г. – 46, в 2010 г. – 40). Наиболее богаты в видовом отношении следующие отделы: диатомовые – 31 и зеленые и пирифитовые водоросли представлены 6 и 5 видами соответственно, синезеленые – 4 вида, золотистые – 3 вида. Количественные характеристики в диапазоне многолетних данных, но ниже прошлогодних. По-прежнему по численности доминировал диатомовый комплекс, в августе 41% ОЧ составили синезеленые.

В зоопланктоне озера встречено 20 видов (в 2016 г. встречено 13 видов, в 2015 г. – 24, в 2014 г. – 18, в 2013 г. – 13), из них 8 представителей коловраток, 9 – ветвистусых, 3 – веслоногих рака. В июне общая численность и биомасса не превышали 890 экз./м³ и 23,28 мг/м³, соответственно, в это время основу зоопланктонного сообщества составляли копепоиды, Максимального значения количественные характеристики достигли в августе, они в 2-3 раза выше прошлогодних, но в пределах среднемноголетней динамики. В июле и августе доминировали коловратки.

Среднегодовые значения ИС представлены на рисунках 3.4.4.

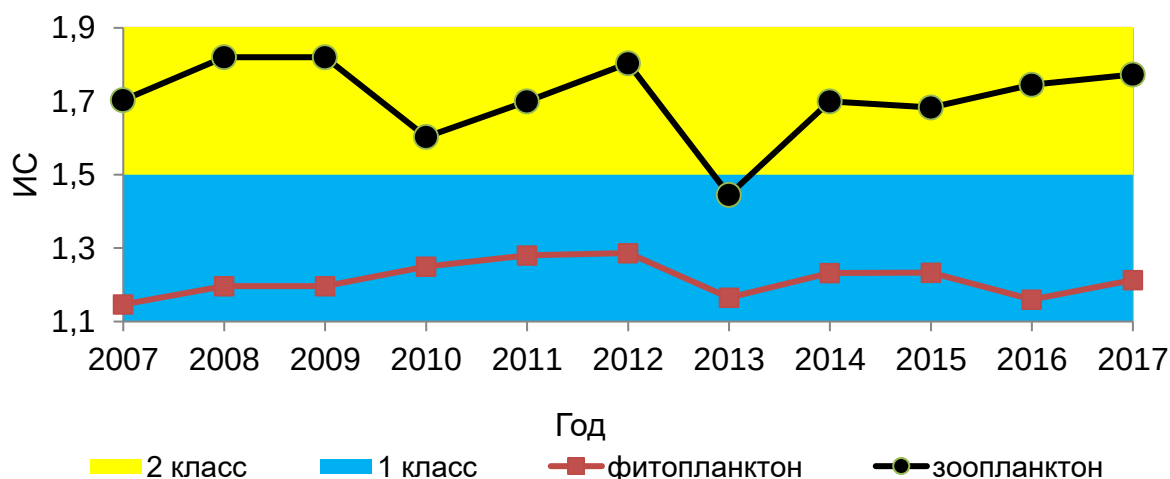


Рис. 3.4.4 Значения ИС в 2007-2017 гг., оз. Чуозеро

Качество вод озера по показателям фитопланктона и зоопланктона оставалось неизменно высоким на протяжении последнего десятилетия. Экосистема озера находится в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Балтийский гидрографический район

Наблюдения в 2017 г. проводило Северо-Западное УГМС на реке Шуя (Республика Карелия) по показателям макрозообентоса.

Бассейн Онежского озера: Река Шуя (нижнее течение и устье).

В составе макрозообентоса реки встречено 20 видов (в 2016 году – 7 видов, в 2015 г. – 14) и форм донных беспозвоночных, относящихся к 8 (11 в 2015 г.) таксономическим группам. Наибольшее видовое разнообразие принадлежало группам: хирономиды и ручейники представленным по 4 вида, олигохеты, моллюски и поденки – включали по 3 вида донных беспозвоночных, полужесткокрылые (клопы), стрекозы и веснянки – по 1 виду. Видовое разнообразие в пробе варьировало от 1 до 4 видов и форм донных беспозвоночных.

В пробах истокового створа встречено 8 видов. По численности и биомассе доминировали хирономиды и олигохеты. В устье р. Шуя по численности доминировали хирономиды и олигохеты, основу биомассы формировали – стрекозы до 73%.

Экосистема реки по показателям макрозообентоса находится в переходном состоянии от экологического благополучия к состоянию антропогенного экологического напряжения.

Каспийский гидрографический район

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

Жигулевский биосферный заповедник, озеро Кольчужное.

Качественный состав альгоценоза озера возрос от 47 в 2016 году до 60 в 2017 году. В осенний и весенний периоды доминировал диатомовый комплекс, в летний период – диатомовом водорослям сопутствовали синезеленые. Качество вод соответствовало 2-му классу качества (ИС 1,89-2,03), в сравнении с 2016 годом ИС незначительно снизился (2,03-2,35).

Качественный состав зоопланктона включал - 44 вида (в 2016 г. – 43 вида). Среднегодовые показатели численности в исследуемом году были выше, чем в 2016 году. По

численности и биомассе весной и осенью доминировали – коловратки, летом им сопутствовали циклопиды. Качество воды в 2017 г. на всем протяжении наблюдений соответствовало 2-му классу, индексы сапробности варьировали в диапазоне от 1,67 до 1,89.

В сообществе перифитона озера по показателю обилия доминировали диатомовые водоросли, как и в 2016 г. Из зооперифитона осенью 2017 г. преобладали представители семейств хирономид и филоденид. Качество воды соответствовало 2-му классу (ИС 1,79-2,22). Всего за период наблюдения в составе перифитона насчитывалось 72 таксона (54 в 2016 году).

Экосистема реки находится в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Приокско-Террасный биосферный заповедник, реки Тоденка, Пониковка и Сушка.

Мониторинг состояния экосистем этих водотоков осуществляется по показателям зооперифитона и зообентоса с 2016 года. Зообентос исследованных водоемов и водотоков насчитывает в общей сложности 112 видов, групп видов и форм донных беспозвоночных^{3,4}. Наибольшее число видов и группы видов (53) встречены в р. Тоденка. Сообщество зообентоса р. Сушка представлено 41 видом, в реке Пониковка – 15 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. В настоящее время все исследованные водотоки и водоемы Приокско-Террасного биосферного заповедника относятся к 1 классу качества воды.

Экосистемы рек Тоденка и Пониковка находятся в состоянии экологического благополучия, экосистема р. Сушка находится 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 проводились в районе полярной станции Хабарова, у о. Столб – в границах государственного природного заповедника «Усть-Ленский». Для оценки были использованы показатели фитопланктона и зообентоса. Альгоценоз фитопланктона р. Лена в створе о. Столб представлен 66 видами, среди которых 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.

Качественный состав зообентоса представлен 20-ю короткоцикловыми видами беспозвоночных, относящихся к 7 группам. Наибольшее видовое разнообразие принадлежит комарам-звонцам и малощетинковым червям, представленным по 5 видов, поденки представлены – 4-мя видами, веснянки и ручейники по 2 вида, бокоплавы и двустворчатые – по 1 виду. За предыдущие, 2014-2016 гг. показатели качества воды по зообентосу были аналогичными, изменений в качестве воды не отмечено.

Качество воды в реке по гидробиологическим показателям находится на уровне многолетних значений показателей. Доминирование в составе макрозообентоса эфемерных видов свидетельствует об экстремальных условиях существования гидробионтов. В связи с этим состояние экосистемы дельтовой части р. Лена следует рассматривать как экологическое благополучие.

Бассейн Нижней Лены, р. Копчик-Юреге (п. Полярка). Для оценки были использованы показатели фитопланктона и зообентоса.

В составе фитопланктона реки встречен 21 вид, среди которых наибольшее видовое разнообразие принадлежало диатомовым водорослям – 18 видов, синезеленые представлены 3 видами.

Качественный состав зообентоса представлен 7-ю видами, среди которых наибольшее видовое разнообразие принадлежит поденкам – 4 вида, хирономиды и веснянки - 2 и 1 вид, соответственно. По сравнению с 2014-2016 гг. количественные и качественные показатели зообентоса не изменились.

По наблюдаемым показателям состояние биоценоза р. Копчик-Юреге находится в состоянии экологического благополучия. Качественная и количественная бедность биоценозов обусловлена коротким вегетационным сезоном, именно по этой причине здесь распространены короткоцикловые виды гидробионтов, в то же время неоднородность сообществ определяется 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 составе перифитона реки встречено 102 вида, среди которых видовое разнообразие альгоценоза перифитона – 69 видов из 5-и систематических групп, зооперифитон представлен 33 видами из десяти систематических групп. В альгоценозе наибольшее видовое разнообразие – 90% принадлежало диатомовым водорослям, зеленые составляли 6% от числа встреченных видов, синезеленые – 2%. В составе зооперифитона наибольшее видовое разнообразие принадлежало ручейникам – 26%, поденки и двукрылые – по 22%, веснянки составляли 11%, а амфиподы 4% видового состава зооперифитона. Индекс сапробности варьировал от 1,53 до 1,93 балла, что соответствует 2-му классу качества воды.

Качественный состав зоопланктона реки Базаиха представлен 12 видами, среди которых наибольшее видовое богатство принадлежало коловраткам – 9 видов, веслоногие и ветвистоусые раки представлены 2-мя и одним видом соответственно. Сообщество составлено транзитными видами, так как высокая скорость течения затрудняет развитие автохтонного зоопланктона. Группу веслоногих раков в течение всего периода исследований составляли неполовозрелые (науплиальные и копеподитные) и взрослые стадии циклопов и единичные гарпактициды. Состав коловраток на станциях типично речной. По сравнению с предыдущим годом произошло уменьшение видового разнообразия, в основном за счет сообщества коловраток, биоразнообразие сообщества аналогично показателям 2016 года.

В количественном отношении зоопланктон реки небогат: в целом по исследуемому участку р. Базаиха его численность составляла $0,07 \pm 0,02$ тыс. экз/м³, при биомассе $0,003 \pm 0,07$ г/м³. Максимальная плотность зоопланктона отмечена в мае (80 экз/м³ и 0,008 г/м³).

Качество воды в среднем по сезону соответствовало 2-му классу, индекс сапробности – 1,64 (рис. 3.4.5).

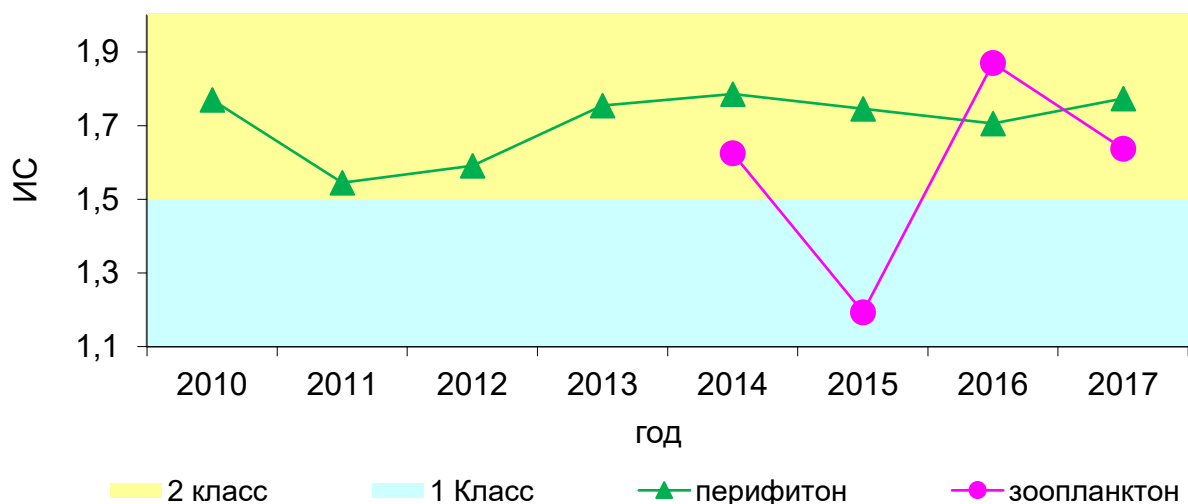


Рис. 3.4.5 Значения ИС в 2010-2017 гг., р. Базаиха

Донные беспозвоночные представлены 66 видами донных беспозвоночных из десяти систематических групп. Наибольшее число видов приходилось на отряды: двукрылых – 35 таксонов, ручейников и поденок — по 17, веснянок — 9, жуков встречено – 3 вида, большекрылок – 2, среди олигохет – 3 вида, пиявок, брюхоногих моллюсков и амфипод - по 2 вида. В течение периода наблюдений по численности и биомассе доминировали личинки поденок, двукрылых и ручейников. Преобладали личинки хирономид, поденок и ручейников, среди которых чаще других встречались β – мезосапробы: личинки двукрылых, поденок, веснянок и ручейников.

Среднегодовые значения БИ в 2010-2017 гг. представлены на рисунке 3.4.6.

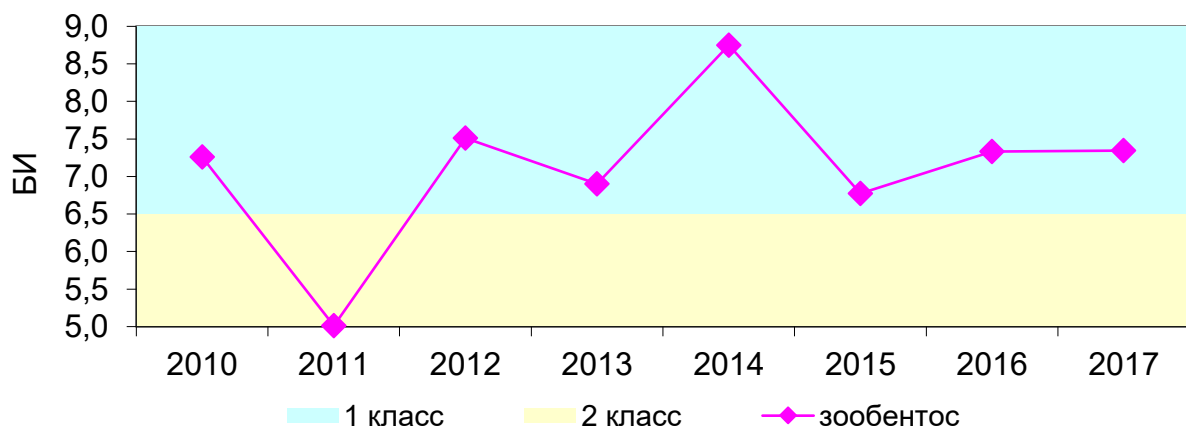


Рис. 3.4.6 Значения БИ в 2010-2017 гг., р. Базаиха

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

Бассейн оз. Байкал, река Джиды. Оценку качества воды водотока проводили по состоянию фитопланктона и зоопланктона. Качественный состав фитопланктона значительно сократился с 80 видов в 2016 г до 58 в отчетном году, из которых диатомовые – 53, зелёные – 4, синезелёные – 1. Численность варьировала в пределах 0,30 – 0,84 тыс.кл/мл, биомасса 0,29 –

0,54 мг/дм³, что несколько ниже количественных показателей 2016 года. Индекс сапробности лежал в диапазоне 1,45 – 1,49. Качество воды соответствовало 1-му классу. Динамика среднегодовых значений ИС в период 2011–2017 гг. представлена на рисунке 3.4.7.

В составе зоопланктона реки встречено 15 видов. Максимальное видовое разнообразие принадлежало ветвистоусым ракам и коловраткам 7 и 6 видов соответственно, веслоногие раки – 2-мя видами. Средний индекс сапробности 1,38. Качество вод соответствовало 1-му классу (рисунок 3.4.7).

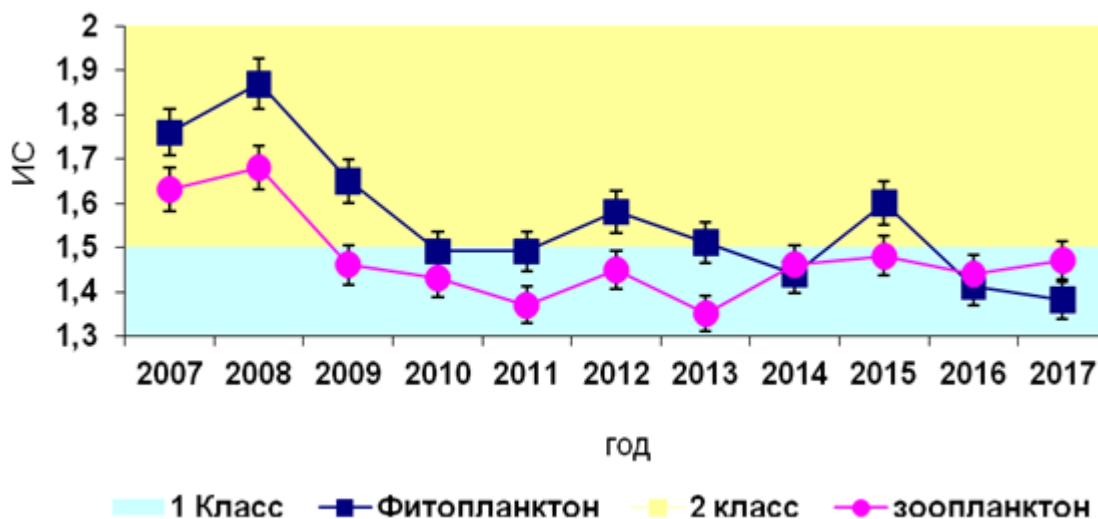


Рис. 3.4.7 Значения ИС в 2007-2017 гг. р. Джиде

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

Тихоокеанский гидрографический район

Река Чирка. Гидробиологические наблюдения за состоянием экосистемы р. Чирка, протекающей по территории Большехекцирского государственного природного заповедника, проводятся с 2015 года на пункте, расположенном в 61 км от города Хабаровск.

Зоопланктон представлен 8-ю видами, среди которых наибольшее видовое разнообразие принадлежит ветвистоусым и веслоногим ракам – по 3 вида в каждом, коловратки – 2 вида. Индекс сапробности варьирует от 1,33 до 1,49, что соответствует 1 классу качества воды.

Экосистема реки находится в состоянии экологического благополучия.

Река Ивановка Зоопланктон представлен 3-мя видами, по одному виду ветвистоусых и веслоногих раков, а так коловраток. Максимальная численность 0,08 тыс.экз/м³ и наибольшая биомасса 0,63 мг/м³ определены в пробе за октябрь. Индекс сапробности варьировал от 1,42 до 1,55, что соответствует 1 классу качества воды.

Экосистема реки находится в состоянии экологического благополучия.

Таким образом, в Баренцевском, Балтийском, Карском и Восточно-Сибирском гидрографических районах на всех 9 фоновых участках выбранных водных объектов экосистемы в 2013-2017 гг. оставались стабильны. В 2016 году начаты фоновые наблюдения на 4-х водных объектах в Каспийском гидрографическом районе. 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, и р. Ивановка Тихоокеанского гидрографического района.

До 2017 года состояние экосистем водотоков Нижней Лены оценивалось как «находящихся в состоянии антропогенного экологического напряжения». Однако долговременные наблюдения показали, что в арктическом регионе, в связи с коротким безледным периодом, не приемлем метод оценки состояния экосистем по гидробиологическим показателям согласно РД 52.24.309-2016. В связи тем, что низкие температуры в вегетационный период не позволяют формироваться достаточным объемам первичной продукции, развитие зоопланктона крайне замедлено. Фауна макрозообентоса формируется гидробионтами, приносимыми с паводковыми водами рек, и не отвечает на антропогенное воздействие, а её видовой состав определяется, прежде всего, экстремальными условиями среды и притоком гидробионтов извне в половодье.

С 2015 года в Тихоокеанском гидрографическом районе произошло значительное сокращение наблюдений на фоновых участках в связи с приостановлением деятельности подразделений Приморского УГМС. На реках Малая Бира, Гилюй и Уркан Тихоокеанского гидрографического района отмечается тенденция возрастания антропогенного воздействия.

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 непрерывных стационарных наблюдений, в 2017 г. содержание в атмосферном воздухе большинства определяемых загрязняющих веществ несколько понизилось. Как и в предыдущем году, снижению концентраций во многом способствовало преобладание благоприятных для рассеивания метеорологических условий. Неблагоприятное влияние метеорологических условий проявилось в мае и было связано с дефицитом осадков (выпало 38% климатической нормы) и в сентябре, в течение которого наблюдалось увеличение повторяемости ветра восточного сектора (43%), обусловившего перенос загрязняющих веществ от Новолукпольской ГРЭС. Увеличение содержания в воздухе азота диоксида в первой декаде января, как и во многих промышленных центрах республики, было связано с преобладанием аномально низких температур воздуха.

В связи с переходом с марта 2015 года на новые методы измерений с использованием автоматических газоанализаторов, оценка тенденции изменения среднегодовых концентраций серы диоксида и азота диоксида не проводилась.

На рисунках 4.1 и 4.2 показаны многолетние изменения и сезонный ход фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Березинского БЗ.

Серы диоксид. По данным непрерывных измерений с использованием автоматического газоанализатора, среднегодовая концентрация составила 5,9 мкг/м³ (0,12 ПДК). Максимальная среднесуточная концентрация серы диоксида 17,4 мкг/м³ зафиксирована 5 февраля. Существенного увеличения содержания в воздухе серы диоксида в отопительный сезон не отмечено.

Азота диоксид. Среднегодовая концентрация азота диоксида составляла 1,9 мкг/м³ (0,05 ПДК) и была несколько ниже, чем в предыдущем году. Максимальная среднесуточная концентрация 0,09 ПДК зафиксирована 10 января. Рост содержания в воздухе азота диоксида в этот период связан с увеличением расхода топлива на предприятиях теплоэнергетики и в частном секторе в условиях аномально низких температур воздуха и застойных ситуаций (штиль, минимальная температура воздуха опускалась до минус 31-33 °С). Сезонные изменения концентраций имели ярко выраженный характер: в зимние месяцы уровень загрязнения воздуха азота диоксидом был в два-три раза выше, чем в июне-августе.

Сульфаты. Среднегодовая фоновая концентрация сульфатов составляла 1,44 мкг/м³ (в 2016 г. – 1,33 мкг/м³). Минимальное содержание сульфатов в атмосферном воздухе зафиксировано в апреле и октябре: среднемесячные концентрации были ниже 1,00 мкг/м³. Снижению концентраций в эти периоды способствовало вымывание сульфатов из приземного слоя атмосферы обильными атмосферными осадками (выпало почти две климатические нормы). Макси-

мальная среднесуточная концентрация сульфатов $8,52 \text{ мкг/м}^3$ отмечена 16 февраля.

Значительных межгодовых колебаний среднемесячных концентраций сульфатов не наблюдается.

Твердые частицы (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль). Среднегодовая концентрация твердых частиц (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль) составляла $9,24 \text{ мкг/м}^3$ (в 2016 г. – $10,80 \text{ мкг/м}^3$). В теплый период года содержание в воздухе твердых частиц было почти в 2 раза выше, чем в холодный период. Как и в предыдущие годы, существенное увеличение концентраций твердых частиц отмечено в мае, особенно в третьей декаде месяца, что, по всей вероятности, было связано с проведением сельскохозяйственных работ в регионе и дефицитом осадков. Максимальная среднесуточная концентрация твердых частиц 29 мая составляла 101 мкг/м^3 ($0,67 \text{ ПДК}$). Минимальное содержание в воздухе твердых частиц зафиксировано в апреле, октябре и декабре: в 66% измерений среднесуточные концентрации были ниже 9 мкг/м^3 .

За последние 10 лет среднегодовые концентрации твердых частиц сохранялись практически на одном уровне – около $9,5 \text{ мкг/м}^3$. Отклонения не превышали $\pm 11\%$. Исключением явился 2014 г., который характеризовался дефицитом осадков (в среднем по стране выпало 86% климатической нормы).

Твердые частицы, фракции размером 10 микрон и менее. По данным непрерывных измерений, среднегодовая фоновая концентрация твердых частиц, фракции размером 10 микрон и менее (далее – ТЧ-10) составляла $7,2 \text{ мкг/м}^3$ ($0,23 \text{ ПДК}$). Концентрации ниже этого уровня отмечены в 56% дней в году. Количество дней со среднесуточными концентрациями выше 25 мкг/м^3 ($0,5 \text{ ПДК}$) составляло всего 1,1% (в 2015 г. и 2016 г. – 8,0% и 2,7%, соответственно). В годовом ходе некоторое увеличение содержания в воздухе ТЧ-10 зафиксировано в мае и сентябре, снижение – в октябре-декабре. Максимальная среднесуточная концентрация ТЧ-10 $0,54 \text{ ПДК}$ зарегистрирована 19 августа.

Углерода диоксид. Среднегодовая концентрация углерода диоксида составляла 840 мг/м^3 . (2015 – 827 мкг/м^3 , в 2016 – 855 мкг/м^3). Максимальное среднемесячное значение отмечено в августе и составляет 854 мг/м^3 . Минимальное среднемесячное значение наблюдалось в январе и июне и составляет 827 мг/м^3 . Среднесуточные концентрации варьировались в широком диапазоне: от 778 мг/м^3 до 917 мг/м^3 . Сезонные изменения содержания в воздухе углерода диоксида незначительны: отклонения среднемесячных концентраций не превышали $\pm 3,5\%$.

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

Приземный озон. По данным непрерывных измерений, среднегодовая фоновая концентрация приземного озона составляла 58 мкг/м^3 . В годовом ходе существенный рост содержания в воздухе приземного озона отмечен в конце марта и апреле-мае. В этот период зафиксировано 8 дней со среднесуточными концентрациями выше ПДК. Максимальная среднесуточная концентрация 5 мая превышала норматив качества в 1,1 раза. Летний максимум загрязнения воздуха приземным озоном не проявился. Минимальное содержание в воздухе приземного озона отмечено в ноябре.

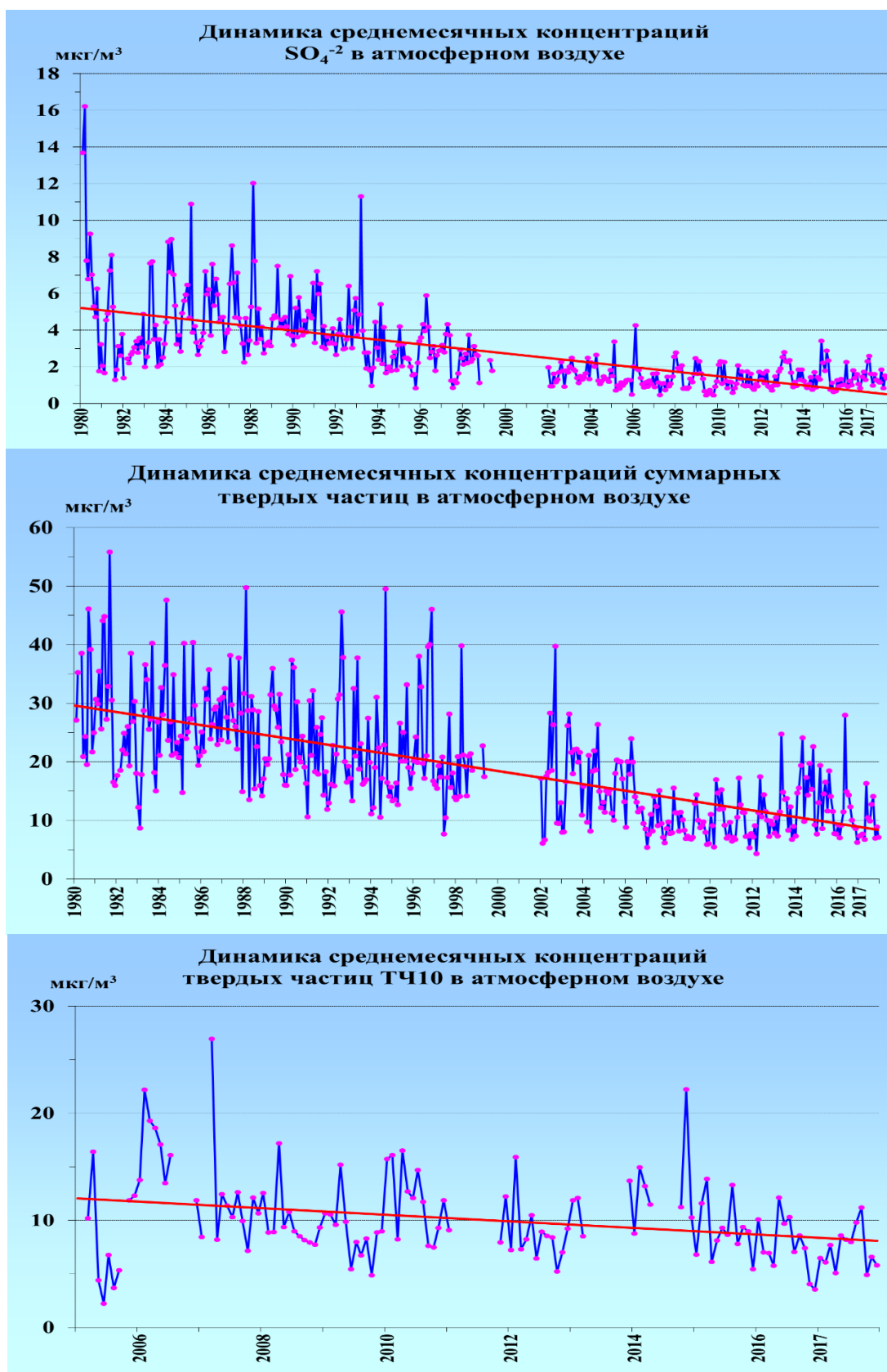


Рис. 4.1. Многолетние изменения фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Березинского БЗ.

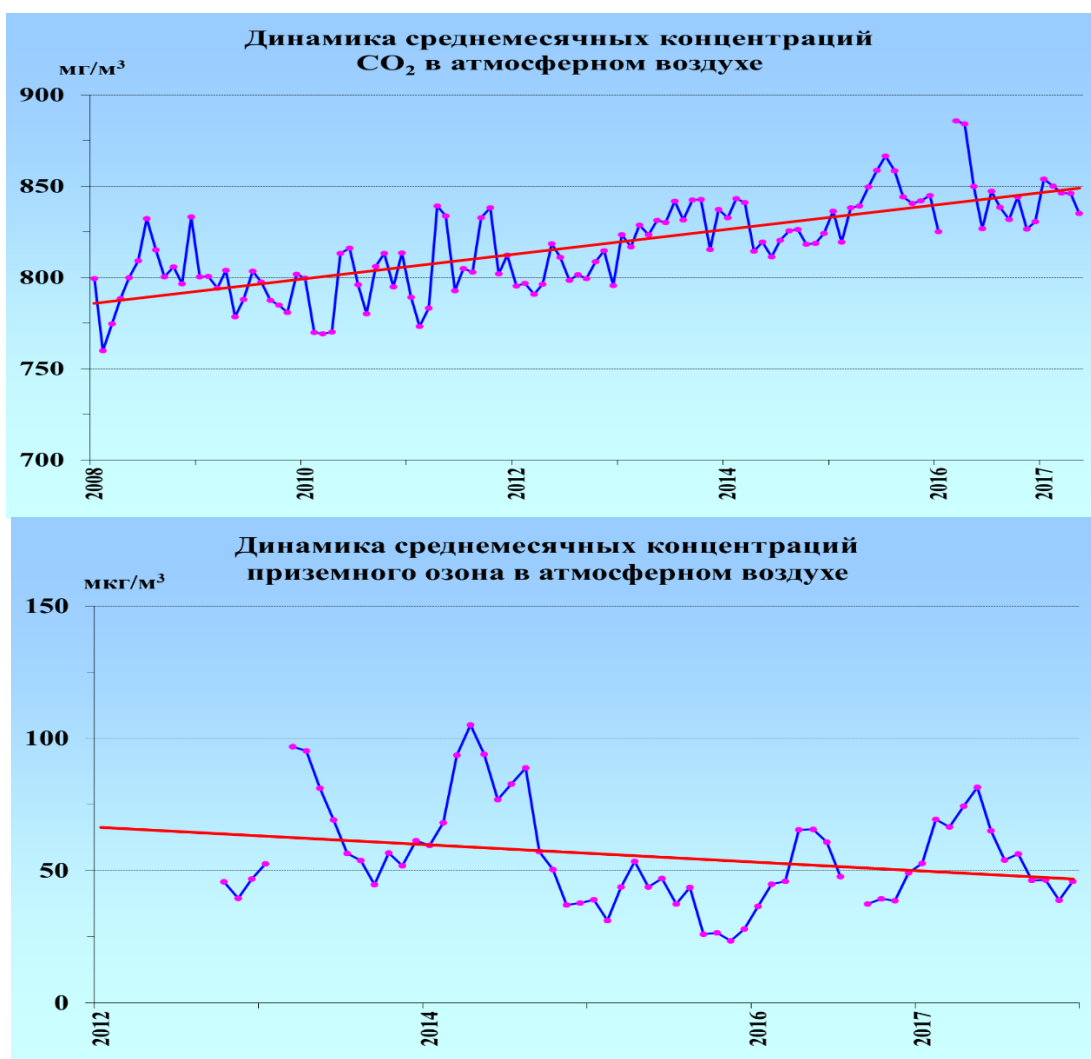


Рис. 4.1. (окончание) Многолетние изменения фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Березинского БЗ.

Атмосферные осадки.

Атмосферные осадки, как твердые, так и жидкие являются чувствительным индикатором загрязнения атмосферы. Мониторинг загрязнения атмосферных осадков в Березинском биосферном заповеднике проводится с 1981 года. В соответствии с рекомендациями Всемирной метеорологической организации, с марта 2016 г. производится отбор и анализ недельных проб атмосферных осадков. В суммарных недельных пробах атмосферных осадков определялась кислотность, содержание компонентов основного солевого состава и удельная электропроводность.

Среднегодовые концентрации основных ионов и динамика pH в атмосферных осадках Березинского БЗ показаны на рис. 4.3. На рис. 4.4 представлены влажные выпадения соединений серы и азота в районе Березинского БЗ.

Общая минерализация. В 2016 г. средняя величина общей минерализации атмосферных осадков составила 4,2 мг/дм³ (в 2016г. – 6,2 мг/дм³). Минимальная общая минерализация отмечена в осадках, выпавших в октябре, и составила 2,9 мг/дм³. Максимальное значение - зафиксировано в осадках, выпавших в мае и составило 8,99 мг/дм³.

Основные компоненты. В 2017 году, как и в предыдущий 2016 год, доминирующая роль принадлежала гидрокарбонатам. Вклад гидрокарбонатов в общую минерализацию составил 43%. В отдельные месяцы вклад гидрокарбонатов достигал 55%. Доля нитрат-иона составляла 8%, сульфат-иона - 3%. Максимальное содержание ($3,79 \text{ мг/дм}^3$) гидрокарбонатов в атмосферных осадках отмечено в марте, сульфат-иона ($0,53 \text{ мг/дм}^3$) – в мае, нитрат-иона ($0,69 \text{ мг/дм}^3$) – в мае. В катионах основную долю занимал кальций.

Минимальное содержание сульфат-иона, гидрокарбонатов и нитратов в атмосферных осадках отмечено в октябре, который характеризовался обильными осадками (выпало почти две климатические нормы). Максимальные концентрации большинства загрязняющих веществ зафиксированы в мае. Основная причина – дефицит осадков (выпало всего 38% климатической нормы)

Кислотность. Кислотность атмосферных осадков обусловлена распределением вклада основных кислотообразующих ионов (SO_4^{2-} и NO_3^-) и ионов HCO_3^- . Средневзвешенная годовая величина pH атмосферных осадков в Березинском БЗ составила 5,85 ед. Минимальное значение pH отмечено в атмосферных осадках, выпавших 12 января, составило 4,47 ед.

Содержание приоритетных загрязняющих веществ в природных средах на станции СФМ «Березинский БЗ» (Республика Беларусь) свидетельствует о низком уровне фонового загрязнения, не представляющим опасности для экосистем Березинского заповедника и их компонентов. В целом, уровни загрязнения природных сред, измеряемые на станции мониторинга в Березинском БЗ соответствуют уровням, наблюдаемым на западе ЕТР и ниже, чем в центре европейской России.

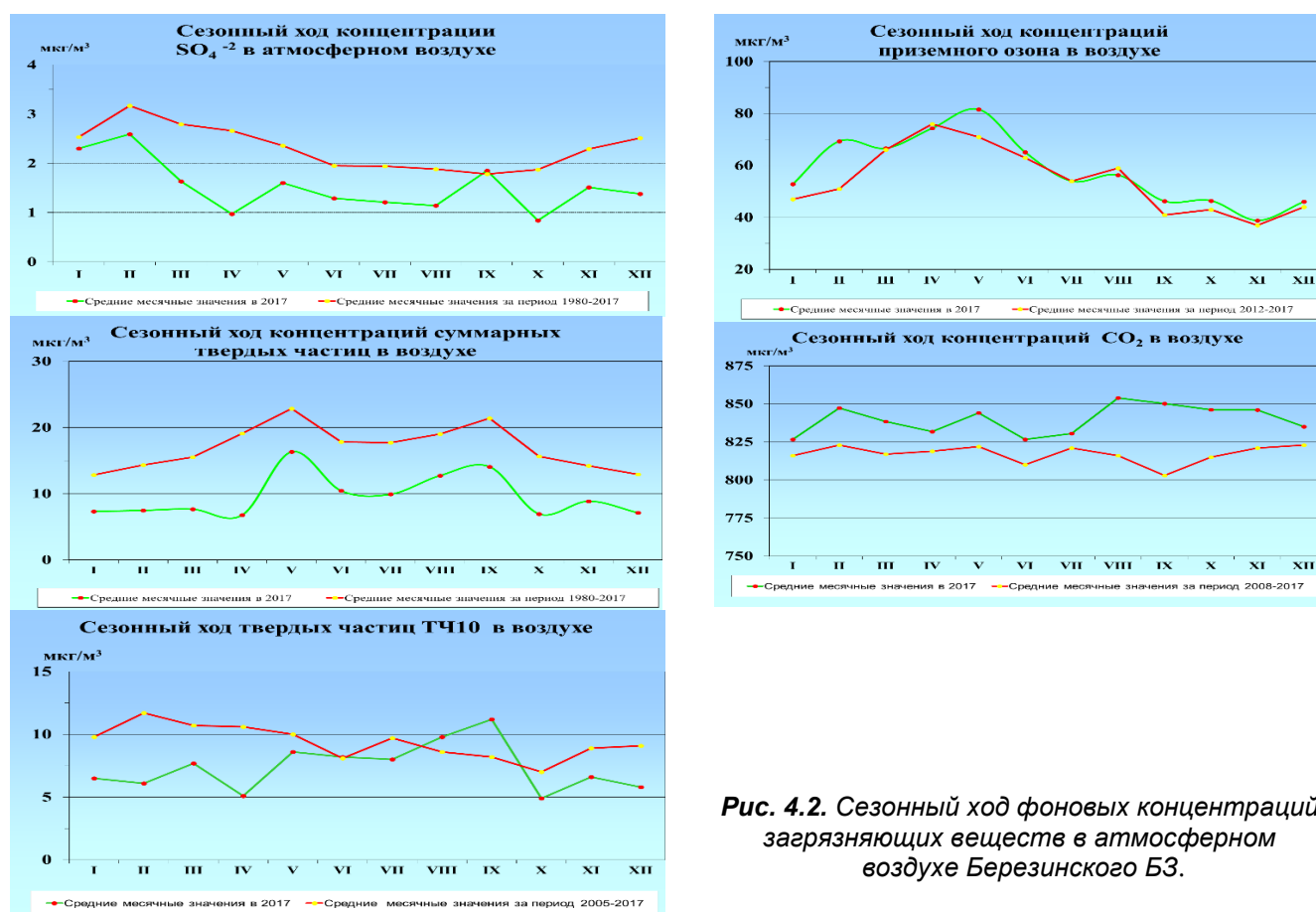


Рис. 4.2. Сезонный ход фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Березинского БЗ.

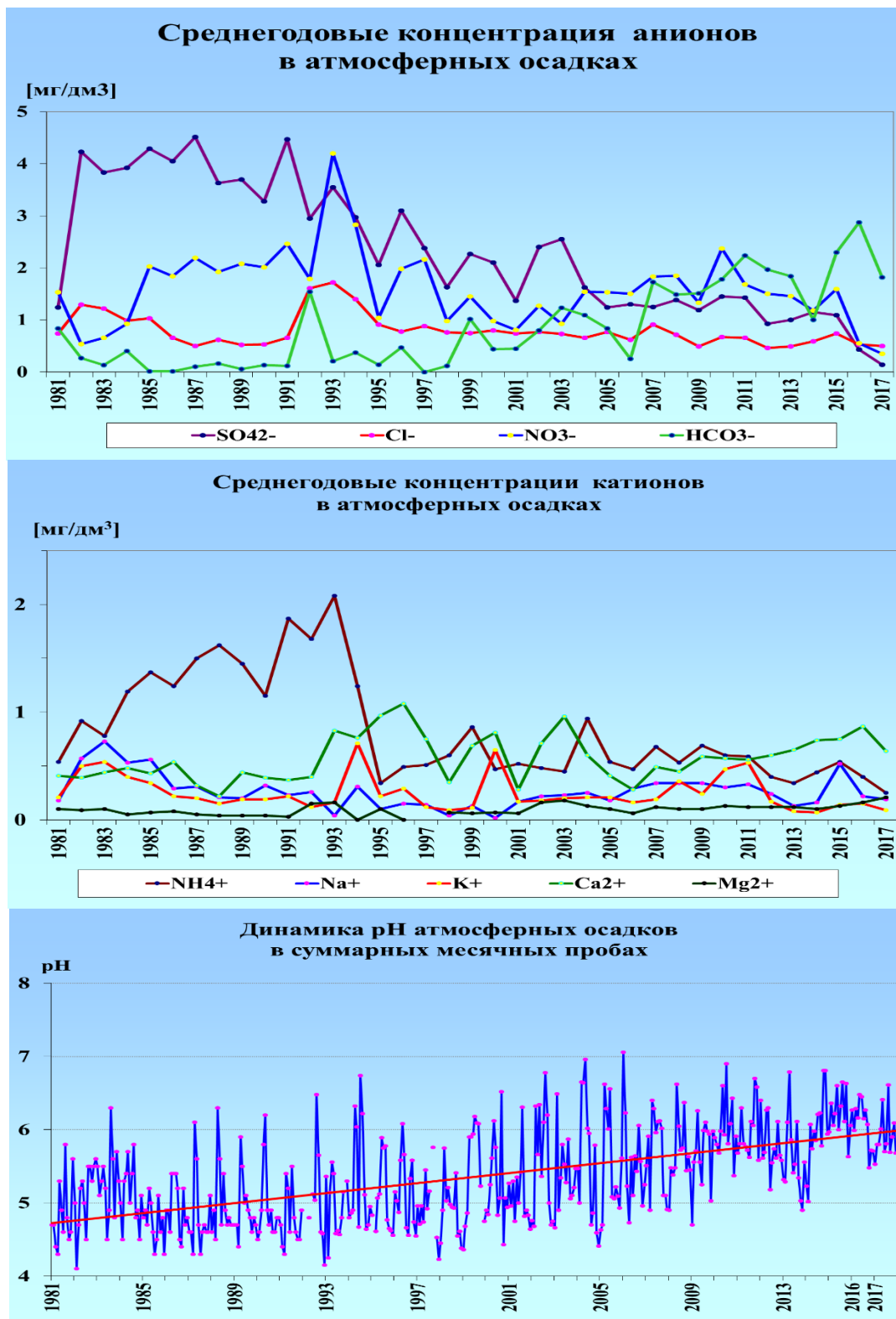


Рис. 4.3. Среднегодовые концентрации основных ионов и динамика pH в атмосферных осадках Березинского БЗ.

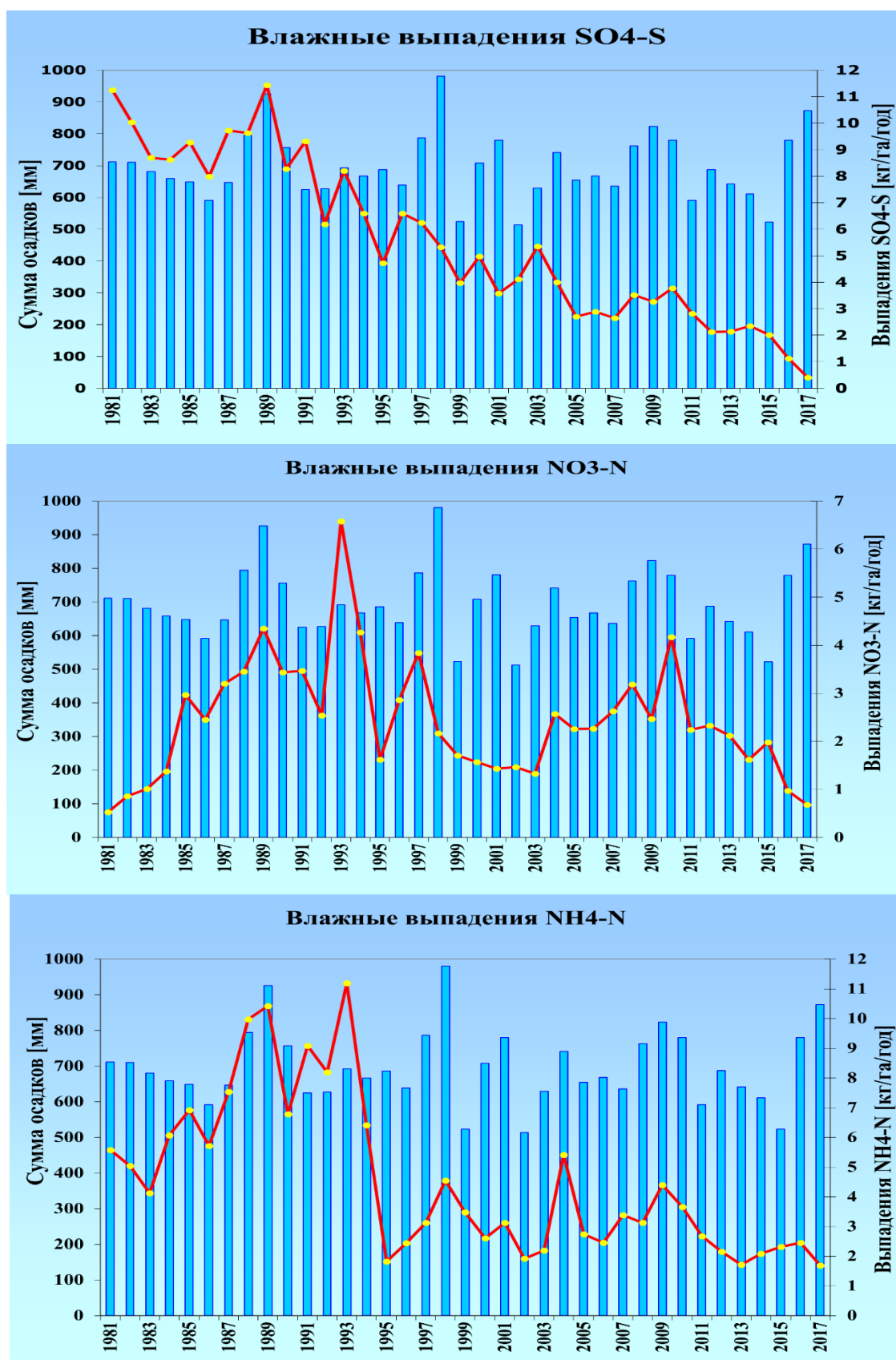


Рис. 4.4. Влажные выпадения соединений серы и азота в районе Березинского БЗ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка тренда фоновой концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и осадках за последние 15-20 лет, включая 2017 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.

Превышение концентрации парниковых газов над фоновым уровнем в 2017 г. не выходило за пределы наблюдаемых за многолетний период вариаций. На станции Териберка было зафиксировано увеличение концентрации CH_4 на $1,9 \text{ млрд}^{-1}$, что существенно меньше в сравнении с 2016 годом ($23,4 \text{ млрд}^{-1}$). Наблюдения показали, что на севере Восточной Сибири (станция Тикси) концентрация CH_4 увеличилась на $11,2 \text{ млрд}^{-1}$, что более, чем в два раза превысило прирост за предыдущий год. За период с 2007 по 2017 гг. концентрация CO_2 увеличилась на 6% ($24,6 \text{ млн}^{-1}$).

В 2017 г. в поле озона над РФ можно отметить низкое содержание озона над всеми регионами РФ. Над всей территорией РФ в 2016 г. средняя за год толщина озонового слоя в 346 е.Д. оказалась ниже нормы (353 е.Д.) на 2%. В последние полтора десятилетия над умеренными широтами Северного полушария четко выраженных однонаправленных долговременных изменений озонового слоя не происходило.

В 2017 году по сравнению с 2016 годом изменения ОПА находились в интервале от -6,4% (Памятное) до +4,7% (Шаджатмаз). На станции Воейково, Туруханск и городской станции Курган степень замутнения атмосферы в среднем не изменилась, а на станциях Хужир и Иркутск среднегодовые значения ОПА увеличились менее, чем на 5%. Единственной станцией, на которой ОПА выросла существенно (+18,4%), это арктическая станция Диксон.

По сравнению с предшествующим периодом (2010 – 2016 гг.) в 2017 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 2017 г. абсолютно минимальные значения минерализации осадков были определены в осадках ст. Туруханск – $2,5 \text{ мг/л}$, абсолютно максимальные — в осадках на станции Усть-Вымь ($30,8 \text{ мг/л}$). Диапазон изменения кислотности (рН) осадков фоновых станций в 2017 г. составил: 4,4-7,0 (ЕТР), 4,3-7,1 (АТР), 4,3-6,9 (прибрежные станции), 4,6-7,2 ед. рН (горные станции). Повторяемость выпадения осадков с $\text{pH} < 5,0$ была наибольшая на ЕТР и составила около 25%. Основной вклад в массу влажных выпадений вносили гидрокарбонаты и сульфаты, на долю которых приходится от 30 (прибрежные станции) до 50% (АТР). Величина суммарных выпадений кислотообразующих соединений в 2017 г. варьировала от $0,14 \text{ т/км}^2$ (Хужир) до $1,90 \text{ т/км}^2$ (Кавказский БЗ). В целом за последние 5 лет (2013-2017 гг.) на ЕТР (за исключением Кавказ-

ского и Воронежского БЗ) потоки суммарного азота были выше выпадения серы. На АТР осадки характеризовались преобладанием выпадения серы над суммарным азотом.

На российских станциях ЕМЕП кислые осадки ($\text{pH} < 4$) в 2017 г. 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 80% осадков имеет значения pH от 5 до 6. Величины влажных выпадений для районов станций составляли в 2017 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 2017 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.

В многолетнем ходе средних концентраций серо- и азотсодержащих веществ в воздухе отмечается некоторое уменьшение среднегодовых значений на станциях в регионе оз. Байкал по сравнению с 2010-2013 гг. В Приморском крае в 2016-2017 г. содержание в атмосфере аэрозолей серо- и азотсодержащих веществ понизилось в сравнении с 2013-2015 годами, за исключением диоксида серы, содержание которого растет последние три года, приближаясь к наиболее высокому значению за последние 10 лет (в 2012 г.). Вследствие региональных особенностей поступления осадков, при сравнимых уровнях концентраций кислотных соединений в осадках величина их влажных выпадений значительно выше в Приморском регионе, чем в Байкальском регионе. В некоторых районах Приморья годовые влажные выпадения азота могут приближаться к величине минимальных значений критических нагрузок, используемых для региона ЕМЕП.

По результатам обследования в 2011-2017 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.

Полученные в результате выполнения МСП КМ результаты оценки состояния древостоев Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника показывают, что выпадающие с осадками химические вещества оказывают положительное воздействие на состояние сосняков, которые произрастают на бедных торфяных почвах на сфагновых болотах, выполняя роль удобрений (макро- и микроэлементов). В то же время ельники на более богатых почвах не показывают подобного значимого отклика на поступление этих соединений, не испытывая подобного дефицита питательных элементов, до тех пор, пока химические вещества поступают на изучаемую территорию с трансграничным переносом в малых количествах, не оказывающих значимого негативного воздействия на экосистемы заповедника.

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

Анализ информации, полученной гидрохимической сетью Росгидромета в течение 2017 гг. показал, что в бассейне Дона вода на фоновых створах периодически оценивается как «условно чистая» или «слабо загрязненная». Качество воды притоков Байкала и Иркутского водохранилища в фоновых створах стабилизировалось на уровне «условно чистая»; за исключением р. Сарма, вода которой, как и в предыдущие годы, в 2017 г. оценивалась «слабо загрязненной». В бассейне Тихого океана вода рек Рогатка, Правда, Камчатка продолжала оцениваться как «слабо загрязненная»; рек Берш и Большая (Быстрая) в 2011-2012 гг. и 2016-2017 гг. ухудшалась до уровня «загрязненная».

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 10 лет в целом сохраняются стабильными.

В Баренцевском, Балтийском, Карском и Восточно-Сибирском гидрографических районах экосистемы на всех 9 фоновых участках выбранных водных объектов в 2013-2017 гг. оставались стабильны. 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, и р. Ивановка Тихоокеанского гидрографического района.

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.	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., Шаламянский А.М., Ромашкина К.И., Соломатникова А.А., Павлова К.Г. Николаева А.М., Егоров В.И. Звягинцев А.М., Иванова Н.С., Крученицкий Г.М.	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	Свистов П.Ф., 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., Бунина Н.А., Жигачева Е.С., Трифонова-Яковлева А.М. Ходжер Т.В., Голобокова Л.П., Нецветаева О.Г., Оболкин В.А., Потемкин В.Л.	ФГБУ «ИГКЭ» ФГБУН «ЛИН СО РАН»
	1.5.	Выпадения серы и азота в результате трансграничного переноса загрязняющих воздух веществ		Громов С.А., Брускина И.М., Конькова А.С., Конькова Е.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		Сатаева Л.В., Подвязникова Г.Е.	ФГБУ «НПО «Тайфун»
	2.3.	Оценка отклика хвойных пород на трансграничное загрязнение воздуха методами международной совместной программы комплексного мониторинга (МСП КМ)		Кухта А.Е., Пчелкин А.В.	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		Минина Л.И., Лобченко Е.Е., Емельянова В.П., Ничипорова И.П., Лямперт Н.А., Первышева О.А., Лавренко Н.Ю., Чекмарева Д.П., Комарова Е.В., Семка В.А.	ФГБУ «ГХИ»
	3.3	Содержание основных кислотообразующих веществ в поверхностных водах на станциях мониторинга ЕАНЕТ		Громов С.А., Жигачева Е.С., Конькова Е.С. Сорокикова Л.М., 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., Буйволов Ю.А.	ФГБУ «ИГКЭ»
4	МНОГОЛЕТНЕЕ СОСТОЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ СРЕД НА СТАНЦИЯХ СКФМ СНГ			Срыбный А.В., Парамонов С.Г.	Березинский БЗ (Республика Беларусь) ФГБУ «ИГКЭ»
ЗАКЛЮЧЕНИЕ			Парамонов С.Г., Громов С.А.	ФГБУ «ИГКЭ»	

