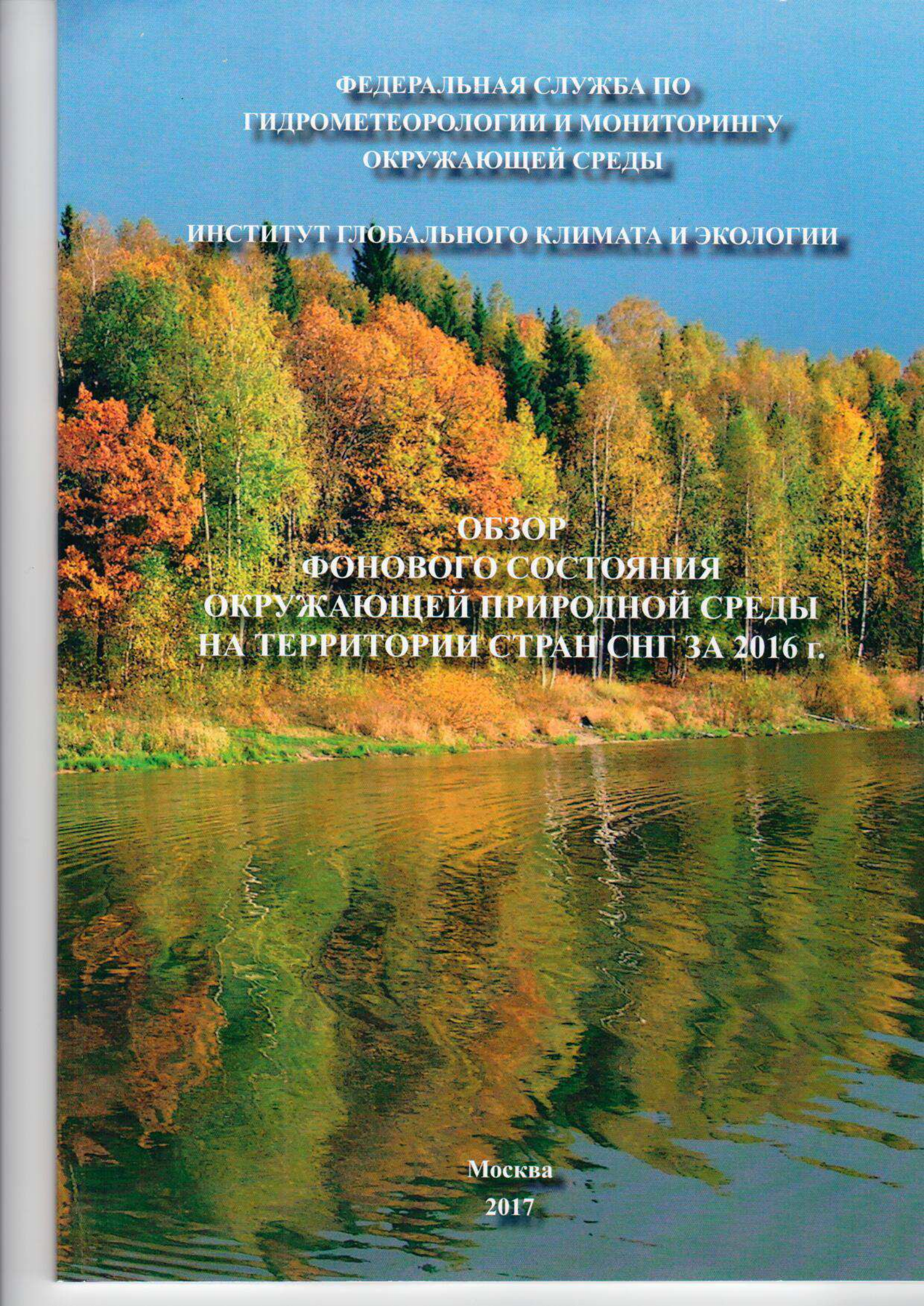




**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

ИНСТИТУТ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА И ЭКОЛОГИИ

**ОБЗОР
ФОНОВОГО СОСТОЯНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ
НА ТЕРРИТОРИИ СТРАН СНГ ЗА 2016 г.**

Москва

2017

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
ИНСТИТУТ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА И ЭКОЛОГИИ

ОБЗОР
ФОНОВОГО СОСТОЯНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ
НА ТЕРРИТОРИИ СТРАН СНГ ЗА 2016 г.

Под редакцией
профессора Г.М. Черногаевой

2017

В Обзоре представлены обобщенные результаты фонового мониторинга состояния природной среды на территории стран СНГ за 2016 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, 2017 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН, Москва, 2017 г.

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

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» (ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН») 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 2016 г." приняли участие:

Росгидромет: ФГБУ ИГКЭ Росгидромета и РАН – 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 Росгидромета и РАН» С.Г.Парамонов (руководитель группы), Ю.А. Буйволов.

Авторы разделов текста Обзора представлены в содержании.

ВВЕДЕНИЕ

Первый выпуск «Обзора фоновое состояние окружающей природной среды в СССР» (за 1981 г.), заложивший основу регулярных публикаций данных системы фоновое 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 фоновое мониторинга сформулирована академиком Ю.А.Израэлем в 1974 году. В начале 1980-х годов была создана сеть станций комплексного фоновое мониторинга (КФМ) для реализации комплексного подхода к измерениям и оценке фоновое состояние природной среды на территории СССР и стран Совета экономической взаимопомощи (СЭВ). Впервые в мире на огромной территории была реализована система мониторинга фоновое 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.

Всего на территории СССР было создано 15 станций комплексного фоновое 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 фоновое 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 содержание 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 фоновое мониторинга 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 концентра-

ций 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 Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и Российской академии наук» (ФГБУ Росгидромета и РАН») (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 Росгидромета и РАН» было поручено научно-методическое руководство работами в системе КФМ, ведение межгосударственного банка данных фонового мониторинга и подготовка ежегодного Обзора фонового состояния окружающей природной среды на территории СНГ.

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

По состоянию на 2016 год в России продолжают функционировать 5 специализированных станции национальной сети КФМ Росгидромета, расположенные в Приокско-Тerrasном, Воронежском, Астраханском, Алтайском и Кавказском БЗ. Продолжаются наблюдения на СКФМ в Березинском БЗ (Республика Беларусь). Данные этих станций составляют информационную основу фонового мониторинга на территории России и стран СНГ.

Помимо информации КФМ в Обзоре фонового состояния окружающей природной среды на территории стран СНГ за 2016 годы использованы данные, полученные на сети станций трансграничного переноса загрязняющих воздух веществ (ЕМЕП), станциях мониторинга кислотных выпадений в Восточной Азии (ЕАНЕТ) и сети специализированных станций Глобальной службы атмосферы (ГСА) Всемирной метеорологической организации. Станции, осуществляющие фоновые наблюдения за состоянием природных сред, расположены на ООПТ федерального значения или их охранных зонах, некоторые из ООПТ имеют международный статус Объектов Всемирного природного наследия ЮНЕСКО (ОВПН). Состав сети фонового мониторинга Российской Федерации в 2016 году приведен в таблице 1. На рис 1.1.1 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, как и 30 лет назад, является выявление антропогенного воздействия на фоновое состояние окружающей природной среды на региональном и глобальном уровнях. Вместе с тем, изменения последних десятилетий диктуют необходимость актуализации задач и деятельности системы КФМ, в том числе приведение её в соответствии с современными международными требованиями. Сеть станций КФМ, размещаемых на ООПТ федерального значения и имеющих международный статус, должна обеспечивать как национальные потребности в данных фонового мониторинга, так и выполнение международных обязательств Российской Федерации, в том числе в рамках Конвенции по трансграничному переносу загрязнений на большие расстояния Экономической комиссии ООН для Европы.

Интеграция Российской Федерации в программы международного сотрудничества в сфере охраны окружающей среды, подписание и реализация международных конвенций в области охраны природной среды и биоразнообразия ставит перед Правительством страны задачу осуществления постоянного мониторинга и периодической отчетности о состоянии объектов природного наследия. Сеть СКФМ на базе ООПТ федерального значения, имеющих международный статус, может стать важной составной частью единой государственной

системы экологического мониторинга, обеспечить информационную поддержку при разработке и сопровождении масштабных проектов промышленного развития регионов.

Таблица 1. Состав сети фонового мониторинга Российской Федерации и стран СНГ в 2015 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	-
Новолятигорск	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). Наблюдения проводились 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.

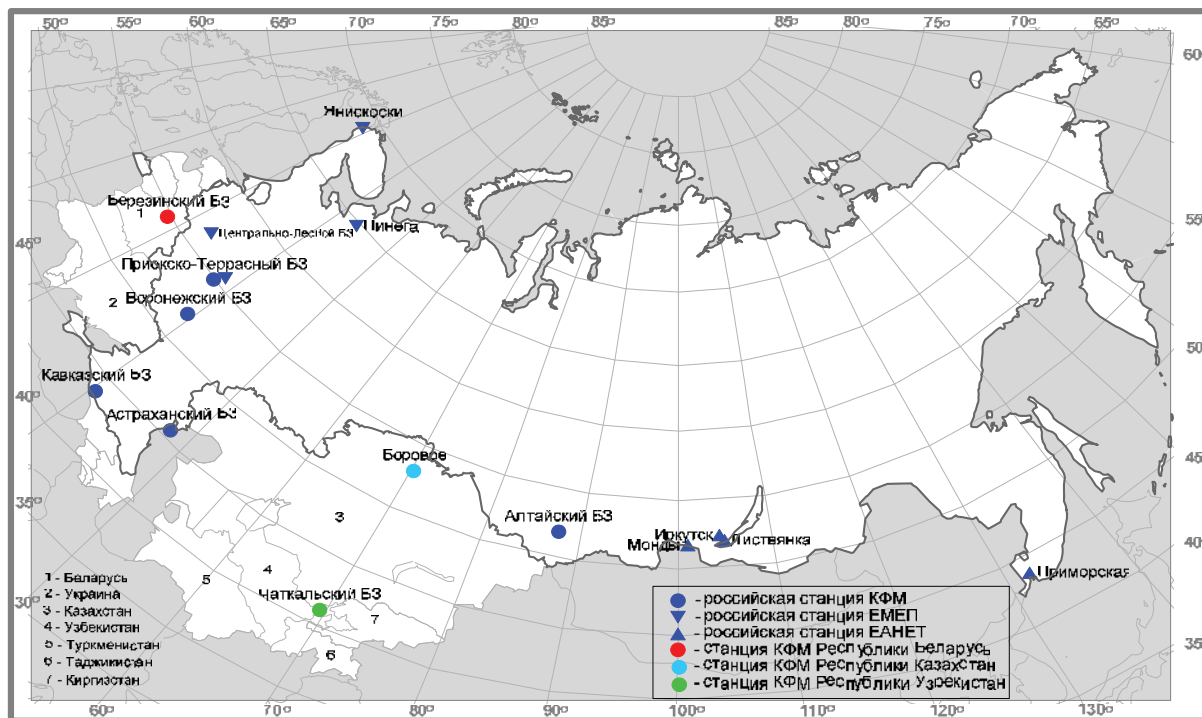


Рис. 1.1. Расположение станций мониторинга природной среды в СНГ

1.1. Фоновое содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

Оценка фоновое загрязнение атмосферного воздуха и осадков выполнена по данным сети станций комплексного фоновое мониторинга (СКФМ) и специализированных станций Глобальной службы атмосферы (ГСА) ВМО. В 2015-2016 гг. наблюдения за фоновым загрязнением атмосферного воздуха проводились на четырех СКФМ, обеспечивая необходимый объем информации только для характеристики регионального фоновое загрязнение атмосферы в Центральных и южных районах Европейской территории России (ЕТР).

Анализ состояния 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 2015 г. по сентябрь 2016 г.

Тяжелые металлы

Среднегодовые концентрации свинца в воздухе фоновых районов ЕТР составили 2,7–4,3 нг/м³. Значимых изменений концентраций свинца в атмосфере фоновых территорий по сравнению с 2015 г не произошло (рис. 1.1.1). Среднегодовые концентрации кадмия в атмосферном воздухе в центральных районах ЕТР сохранились на уровне, наблюдавшемся в последние годы, и не превышали 0,2 нг/м³ (за исключением Астраханского БЗ, где повышенные уровни кадмия наблюдаются во всех средах на протяжении десятилетия).

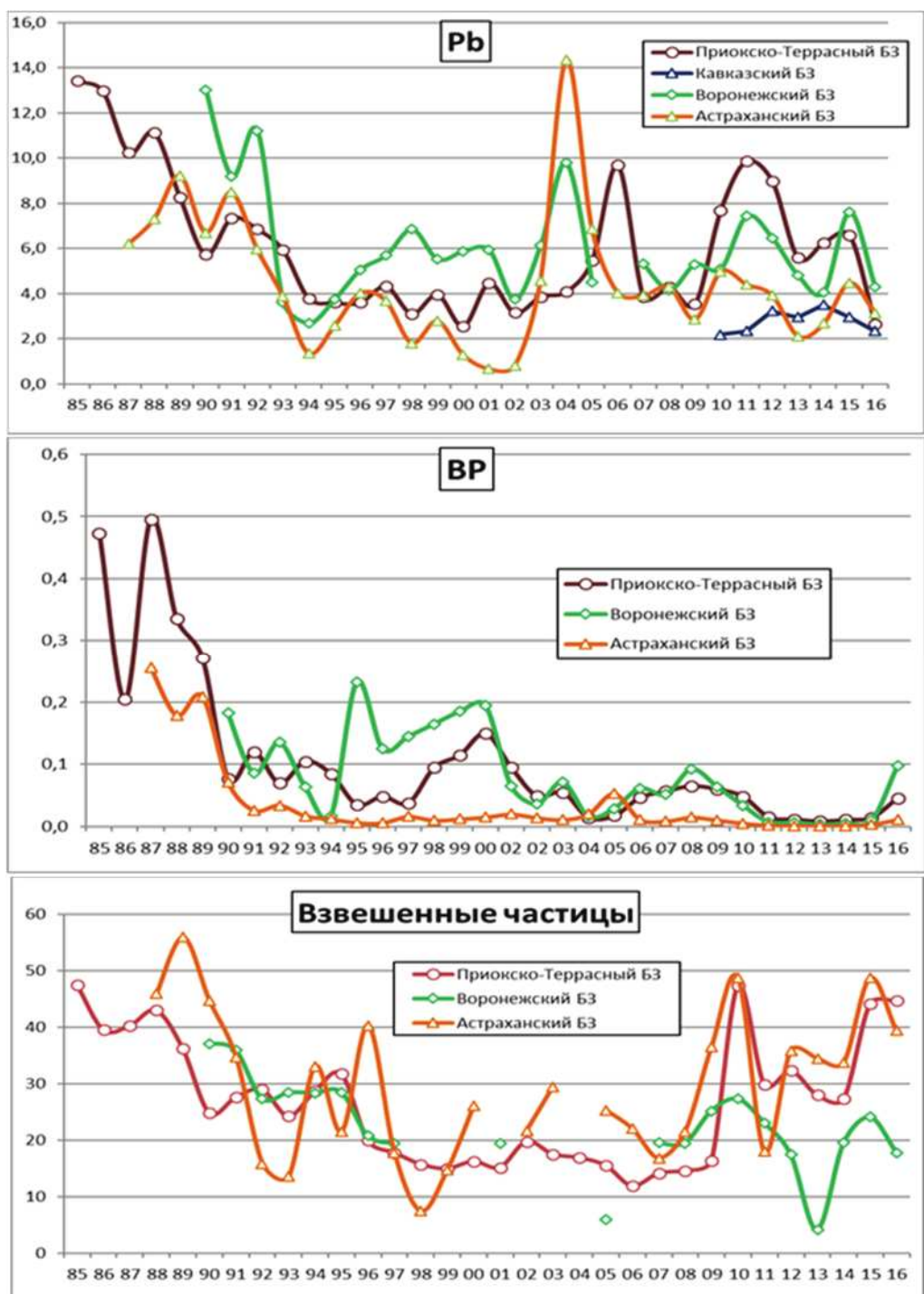


Рис. 1.1.1. Изменение фонового содержания свинца, 3,4-бензпирена (нг/м^3) и взвешенных частиц (мкг/м^3) в атмосферном воздухе фоновых районов

Сезонные изменения содержания свинца и кадмия в воздухе не имели ярко выраженного характера (рис. 1.1.3). Максимальные среднесуточные концентрации были существенно больше среднегодовых – более 80 (Кавказский БЗ) и 7,5 (Астраханский БЗ) нг/м^3 для свинца и кадмия соответственно.

Фоновое содержание ртути в атмосферном воздухе в центральном районе ЕТР остается стабильно низким: в 2016 г. среднегодовая концентрация составила 1,79 нг/м^3 (табл. 1.1.1).

Хлорорганические пестициды

В 2016 г. на ЕТР среднегодовые значения фоновых концентраций сумм изомеров ГХЦГ и ДДТ в воздухе оставались низкими, на уровне, близком к пределу обнаружения аналитическими методами (как и прошлые годы от 30 до 50 % проб ниже предела измерения). В целом, содержание пестицидов в воздухе по данным измерений в 2016 г. находилось в пределах колебаний уровня их концентраций за последние 10 лет.

Взвешенные частицы

В 2016 г. среднегодовые концентрации взвешенных частиц в воздухе на ЕТР изменялись в пределах 18-45 мкг/м³, что на уровне значений последних 10 лет (рис. 1.1.1). Эпизодические повышенные концентрации взвешенных частиц наблюдались в теплый период года: среднесуточные концентрации превышали – 275 мкг/м³ (Астраханский БЗ) (табл. 1.1.1). Сезонные изменения содержания взвешенных частиц в атмосфере имеют ярко выраженный максимум в летний период (рис. 1.1.3), что обусловлено действием природных факторов.

Таблица 1.1.1. Результаты наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха на станциях комплексного фонового мониторинга в 2016 г.

Загрязняющие вещества	Статистики	ПТБЗ	Воронежский БЗ	Астраханский БЗ	Кавказский БЗ
Pb нг/м ³	макс	12,00	23,00	24,00	83,0
	мин	0,20	0,13	0,01	0,15
	ср. арифм.	2,66	4,29	3,14	2,94
	ср. геом.	2,15	3,17	1,63	1,33
Cd нг/м ³	макс	1,200	1,30	7,47	0,180
	мин	0,001	0,01	0,01	0,004
	ср. арифм.	0,122	0,18	1,93	0,052
	ср. геом.	0,083	0,14	1,26	0,038
Hg нг/м ³	макс	28,00			
	мин	0,09			
	ср. арифм.	3,28			
	ср. геом.	1,79			
SO ₂ мкг/м ³	макс	4,50	8,27	0,34	0,140
	мин	0,01	0,1	0,01	0,10
	ср. арифм.	0,59	0,65	0,09	0,037
	ср. геом.	0,34	0,50	0,07	0,032
NO ₂ мкг/м ³	макс	23,60	22,43	3,46	
	мин	0,50	0,88	0,04	
	ср. арифм.	5,00	4,16	0,80	
	ср. геом.	4,08	3,48	0,62	
SO ₄ мкг/м ³	макс	4,01		15,00	
	мин	0,01		0,40	
	ср. арифм.	0,73		3,62	
	ср. геом.	0,31		2,75	
Взвешенные частицы мкг/м ³	макс	145,0	39,0	275,3	82,8
	мин	5,0	3,0	5,8	4,2
	ср. арифм.	44,7	17,9	39,4	24,2
	ср. геом.	36,1	16,1	29,3	20,6
H ₂ S мкг/м ³	макс			0,33	
	мин			0,01	
	ср. арифм.			0,07	
	ср. геом.			0,05	
BP нг/м ³	макс	0,2544	0,4457	0,0608	0,0459
	мин	0,0059	0,0036	0,0021	0,0008
	ср. арифм.	0,0458	0,0973	0,0113	0,0077
	ср. геом.	0,0325	0,0504	0,0081	0,0047
BPL нг/м ³	макс	0,0761	0,2640	0,0372	0,0268
	мин	0,0036	0,0035	0,0023	0,0011
	ср. арифм.	0,0234	0,0410	0,0096	0,0056
	ср. геом.	0,0206	0,0224	0,0071	0,0043

Диоксид серы

В 2016 г. среднегодовые фоновые концентрации диоксида серы на равнинных станциях ЕТР оставались на низком уровне – около 0,1-0,7 мкг/м³ (рис. 1.1.2). В холодный период года наблюдались более высокие концентрации диоксида серы, увеличиваясь в

отдельные сутки до 8 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 (рис. 1.1.3), что связано с отопительным сезоном.

Диоксид азота

В 2016 г. среднегодовые фоновые концентрации диоксида азота в воздухе на европейской территории сохранились на уровне прошлых лет, изменяясь от $0,8$ до $5,0 \text{ мкг/м}^3$ (рис. 1.1.2). Сезонные изменения фоновых концентраций диоксида азота ясно выражены: в холодный период в центре ЕТР повышается повторяемость среднесуточных высоких концентраций, достигающих 23 мкг/м^3 (Приокско-Тerrasный БЗ) (табл. 1.1.1).

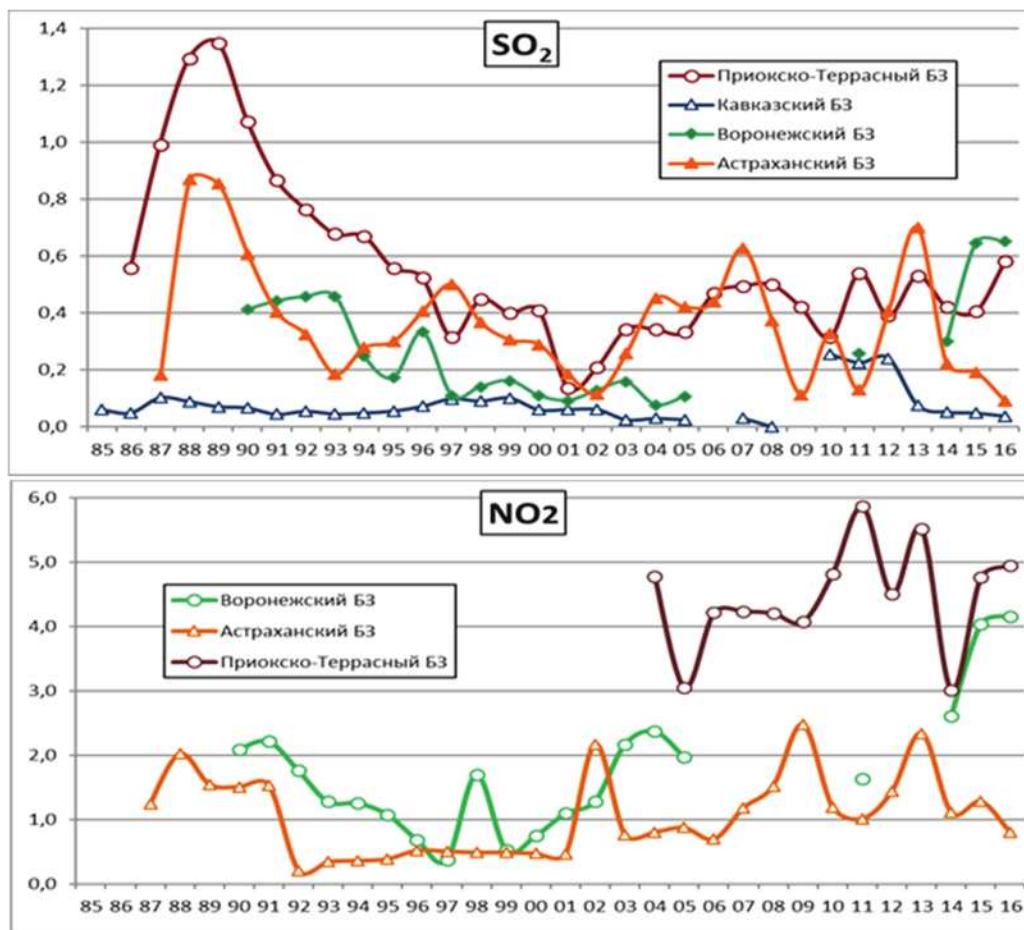


Рис. 1.1.2. Изменение фонового содержания диоксида серы и диоксида азота в атмосферном воздухе фоновых районов (мкг/м^3)

Сульфаты

В 2016 г. среднегодовые фоновые концентрации сульфатов в центре ЕТР составляли менее $0,7 \text{ мкг/м}^3$, при этом значения меньше 5 мкг/м^3 были зарегистрированы в 95% измерений. В южных районах ЕТР среднегодовые концентрации составляли около $3,6 \text{ мкг/м}^3$. 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 сульфатов в центре ЕТР за последние 10 лет после их уменьшения в предыдущие годы.

Полиароматические углеводороды

Как и в предыдущие годы, в 2016 г. содержание бенз(а)пирена и бензперилена в атмосфере фоновых районов ЕТР в среднем составляло 0,004-0,1 нг/м³ (рис. 1.1.1, табл. 1.1.1). Сезонный ход подобен другим продуктам сгорания топлива – диоксидам серы и азота - с летним минимумом и зимним максимумом.

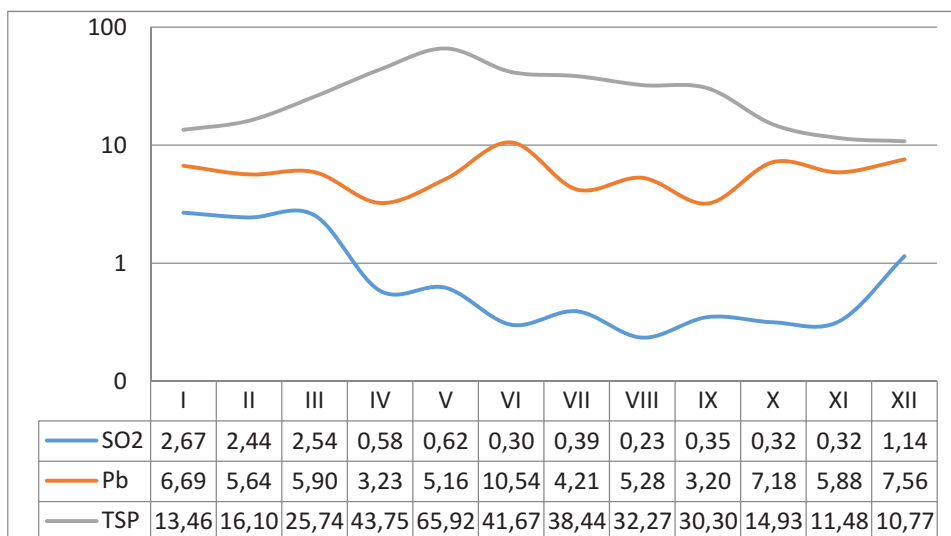


Рис. 1.1.3. Сезонный ход загрязняющих веществ в Приокско-Террасном БЗ, осредненный за 2003-2016 гг. (свинец - нг/м³, диоксид серы и взвешенные частицы - мкг/м³)

1.2. Физические и химические характеристики атмосферы

1.2.1. Углекислый газ и метан

Анализ изменчивости концентрации парниковых газов в приземном слое атмосферы выполнен на основе результатов измерений, проводимых на четырех станциях наблюдений за содержанием парниковых газов. Характеристики станций приведены в табл. 1.2.1.1. Станция Териберка (Кольский полуостров, побережье Баренцева моря) и станция Тикси (Арктическое побережье, море Лаптевых, залив Сого) расположены в условиях, близких к фоновым. Станция Новый Порт (полуостров Ямал, берег Обской губы) и Воейково (пригород Санкт-Петербурга) находятся в районах крупномасштабных антропогенных источников парниковых газов. Для сравнения привлечены данные станции Барроу, расположенной в том же широтном поясе (71,32° с.ш., 156,6° з.д.). В Мировой центр данных ВМО по парниковым газам (WDCGG) данные этой станции представляет Национальная Администрация по Океану и Атмосфере США (NOAA ESRL GMD).

Данные станций Териберка и Тикси ГГО передает в мировой центр данных (МЦД) по парниковым газам (WDCGG) в Японию и используются при проведении глобального анализа поля концентрации указанных газов, выполняемого МЦД.

Таблица 1.2.1.1. Станции наблюдений за парниковыми газами ГГО

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

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

Таблица 1.2.1.2. Среднегодовые значения и межгодовой рост (Δ) концентрации CH₄ и CO₂

Год	Териберка				Тикси			
	CH ₄ , млрд ⁻¹	Δ CH ₄ , млрд ⁻¹	CO ₂ , млн ⁻¹	Δ CO ₂ , млн ⁻¹	CH ₄ , млрд ⁻¹	Δ CH ₄ , млрд ⁻¹	CO ₂ , млн ⁻¹	Δ CO ₂ , млн ⁻¹
2006	1871,3	0,5	384,8	3,1				
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	1913,2		394,2	
2012	1910,8	4,0	396,4	2,4	1910,2	-3,0	396,0	1,8
2013	1908,4	-2,4	398,6	2,2	1915,7	5,5	399,1	3,0
2014	1914,1	5,7	400,4	1,7	1931,4	15,7	400,6	1,5
2015	1925,0	10,9	401,8	1,4	1940,7	9,3	403,0	2,4
2016	1948,4	23,4	405,5	3,7	1945,9	5,2	406,1	3,1

Рост концентрации CO₂ в атмосфере продолжается. В 2016 г. среднегодовое значение CO₂ на арктических фоновых станциях РФ превысило 405 млн⁻¹, а среднемесячные значения в период сезонного максимума были более 410 млн⁻¹. Среднегодовые концентрации CO₂ на двух рассматриваемых станциях близки, небольшие расхождения их значений могут быть

связаны с меньшим периодом действия стока CO_2 за счет растительности на станции Тикси и различным влиянием антропогенной эмиссии на станции Териберка из-за изменения повторяемости переноса воздушных масс с территории Европы. Характеристики долговременной изменчивости, оцененные по данным станции Териберка, имеющей самый длинный ряд наблюдений (более 25 лет), изменились мало. За последний десятилетний период концентрация CO_2 увеличилась на 5,4% (21 млн^{-1}).

В 2016 г. продолжился рост концентрации CH_4 , начавшийся в арктических широтах РФ в 2014 г. и особенно отчетливо проявившийся на станции Тикси. В 2016 г. произошло резкое увеличение концентрации метана на станции Териберка, в то время как темпы роста CH_4 на станции Тикси замедлились. В результате среднегодовые значения концентрации метана на двух станциях оказались практически равными. Концентрация CH_4 за десятилетний период изменилась на 4,1% (77 млрд^{-1}). Возрастание концентрации метана в 2016 г. на станции Териберка (24 млрд^{-1}) существенно превысило среднеглобальное значение за десятилетний период (6 млрд^{-1} в год).

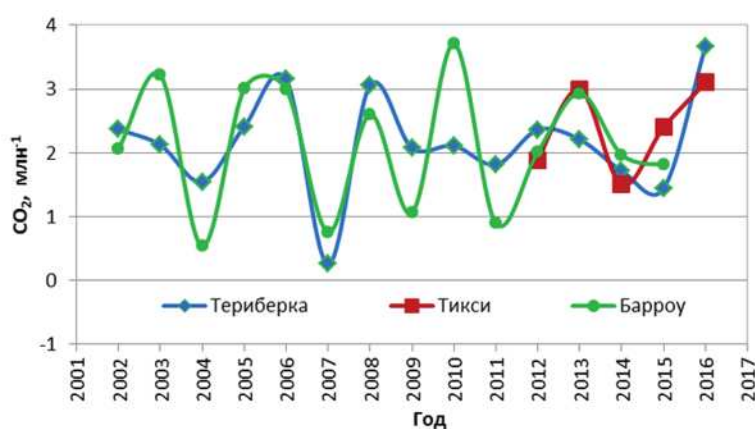


Рис. 1.2.1.1. Межгодовые изменения концентрации CO_2

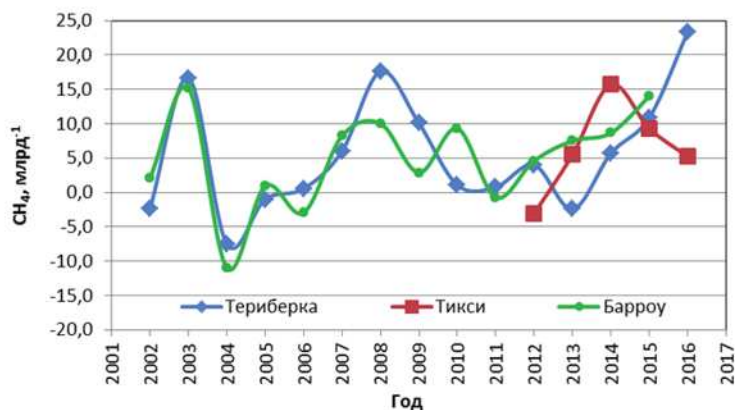


Рис. 1.2.1.2. Межгодовые изменения концентрации CH_4

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

Станция Новый Порт расположена на побережье Обской губы на расстоянии 80–250 км от крупнейших в РФ месторождений природного газа. Данные измерений на этой станции

отражают влияние техногенных выбросов ПГ на месторождениях природного газа и нефти в Западной Сибири и приводят к существенному превышению концентрации метана над фоновым уровнем, а также к повышенному относительно фоновых значений содержанию CO_2 .

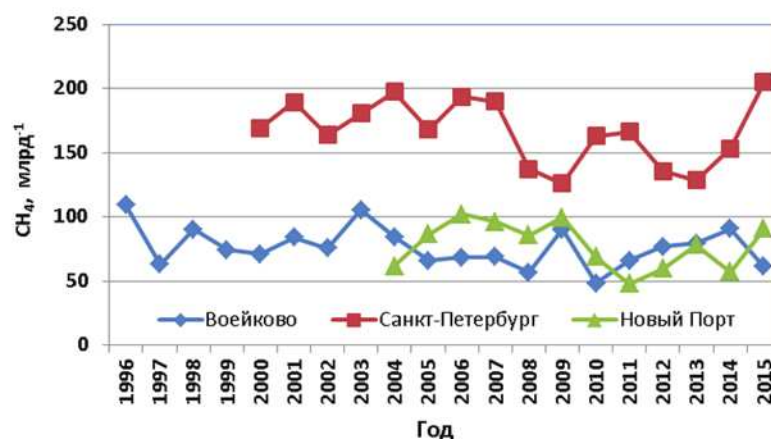


Рис. 1.2.1.3. Среднегодовое превышение концентрации CH_4 над фоновым уровнем

Максимальные значения превышения наблюдаются в зимний период в основном за счет снижения высоты слоя перемешивания и могут достигать 10 млн^{-1} для CO_2 и 150 млрд^{-1} для CH_4 .

Таблица 1.2.1.3. Превышение концентрации парниковых газов над фоновым уровнем

	Превышение концентрации CH_4				Превышение концентрации CO_2			
	млрд ⁻¹	%	млрд ⁻¹	%	млн ⁻¹	%	млн ⁻¹	%
	Новый порт				Новый порт			
Период осреднения	2004-2016		2016		2004-2016		2016	
год	77,7	4,1	77,0	4,0	4,6	1,2	4,7	1,2
Воейково								
Период осреднения	1996-2016		2016					
	76,4	4,0	65,2	3,3				
Санкт-Петербург								
Период осреднения	2000-2016		2016					
	167,8	8,8	153,1	7,8				

Как видно из представленных данных, превышение концентрации парниковых газов над фоновым уровнем в 2016 г. не выходит за пределы наблюдаемых за многолетний период вариаций.

Результаты измерений концентрации метана в пробах воздуха в приземном слое атмосферы, отобранных на СКФМ в Приокско-Террасном биосферном заповеднике.

Для проведения мониторинга парниковых газов (ПГ) на ООПТ Российской Федерации в качестве места экспериментальных наблюдений была выбрана станция комплексного фоновоего мониторинга Росгидромета, расположенная в Приокско-Террасном природном биосферном заповеднике (СКФМ «Приокско-Террасный БЗ»). На площадке этой станции, начиная с 2008 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 Росгидромета и РАН». Сосуды с пробами воздуха направляются в аккредитованную аналитическую лабораторию ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» для определения молярных концентраций метана и диоксида углерода газохроматографическим методом с погрешностью измерений не более 1,0 %.

Согласно данным измерений, в течение 2016 года значения среднемесячной концентрации метана изменялись в узком диапазоне: от $1,9772$ до $2,0817 \text{ млн}^{-1}$ (ppm). Наиболее

низкий в течение года уровень содержания метана в воздухе регистрировался в теплый (летний) период года, наиболее высокий – в холодный (зимний).

Среднемесячные концентрации диоксида углерода изменялись в более широком диапазоне: от 412,7 до 483,1 млн.⁻¹ (ppm), при этом самые высокие значения наблюдались в холодные месяцы года. Подобный характер сезонных изменений фоновых концентраций метана и диоксида углерода в атмосферном воздухе ПТБЗ регистрировался и в предыдущие годы.

Среднемесячные концентрации ПГ по результатам наблюдений за 2012-2015 гг. приведены в табл. 1.2.1.4. Изменения среднегодовых концентраций метана и CO₂ за период 2007-2015 гг. представлены на рис. 1.2.1.4.

Анализ результатов регулярных наблюдений за содержанием ПГ в атмосферном воздухе на станции КФМ ПриокскоТеррасного БЗ позволяют сделать следующие оценки:

- за последние 5 лет не отмечается заметного роста концентраций метана и диоксида углерода из года в год;

- среднегодовые величины концентрации метана колеблются в пределах от 1,9778 до 2,0562 млн.⁻¹ (ppm), с максимальным размахом 0,08 млн.⁻¹ (ppm), что составляет около 4,0 % от средней концентрации за последние 5 лет (2,0193 млн.⁻¹ (ppm));

- среднегодовые величины концентрации диоксида углерода колеблются в пределах от 434,9 до 462,8 млн.⁻¹ (ppm), с максимальным размахом 27,9 млн.⁻¹ (ppm), что составляет около 6,0 % от средней концентрации за последние 5 лет (447,2 млн.⁻¹ (ppm));

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

При оценке результатов следует отметить, что на российских фоновых станциях ВМО: Териберка (Кольский полуостров, побережье Баренцева моря) и Тикси (Арктическое побережье, море Лаптевых, залив Сого), которые расположены в условиях, близких к фоновым, за последний десять лет наблюдений концентрация метана возросла на 4,1 %, концентрация диоксида углерода увеличилась на 5,4%.

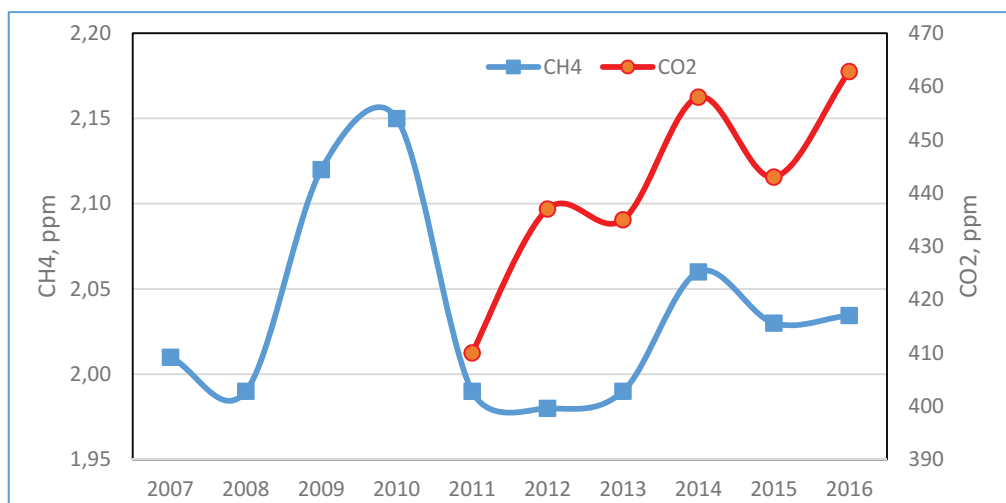


Рис 1.2.1.4. Среднегодовые концентрации метана и CO₂ за период 2007-2016 гг. на СКФМ «Приокско-Террасный БЗ».

Таблица 1.2.1.4. Среднемесечные значения молярных концентраций парниковых газов на территории станции комплексного фонового мониторинга в Приокско-Террасном Бюисферном заповеднике.

Месяц года	2012 год. Концентрация, млн ⁻¹ (ppm)		2013 год. Концентрация, млн ⁻¹ (ppm)		2014 год. Концентрация, млн ⁻¹ (ppm)		2015 год. Концентрация, млн ⁻¹ (ppm)		2016 год. Концентрация, млн ⁻¹ (ppm)	
	Метан	Диоксид углерода	Метан	Диоксид углерода	Метан	Диоксид углерода	Метан	Диоксид углерода	Метан	Диоксид углерода
Январь	2,0301±0,010	477,5±1,5	2,0410±0,010	467,2±0,8	2,1403±0,013	468,5±0,5	1,9978±0,004	455,5±0,5	2,0507±0,007	467,3±1,2
Февраль	2,1065±0,011	466,7±1,2	2,0180±0,006	463,6±0,9	2,0345±0,010	468,9±1,5	2,0003±0,006	446,3±1,5	2,0817±0,007	462,1±1,1
Март	2,0377±0,005	454,1±1,8	1,9270±0,008	431,7±0,9	1,9835±0,050	454,5±1,5	2,1893±0,005	486,7±0,8	2,0259±0,003	483,1±1,0
Апрель	1,9372±0,012	415,7±1,3	1,9504±0,007	456,2±1,6	1,9804±0,0080	490,3±1,5	2,0532±0,004	465,6±0,8	2,0497±0,006	480,3±1,5
Май	1,9256±0,008	392,6±1,6	1,9290±0,005	372,6±0,4	2,0530±0,0080	445,6±1,5	1,9439±0,004	401,6±0,5	2,0771±0,010	454,4±1,9
Июнь	1,8865±0,004	388,6±1,7	1,9021±0,009	388,5±1,2	1,9092±0,0090	408,6±1,5	2,0279±0,005	391,4±1,5	1,9772±0,007	425,2±2,1
Июль	1,8840±0,006	399,2±1,1	2,0678±0,007	411,6±0,9	1,9154±0,010	401,9±2,0	1,9993±0,004	402,4±1,5	2,0266±0,010	421,4±1,1
Август	2,0470±0,008	405,9±1,3	2,2011±0,005	433,2±1,1	1,9383±0,005	454,8±0,5	2,0251±0,005	402,9±1,5	1,9866±0,010	412,7±1,2
Сентябрь	1,8903±0,007	436,6±1,1	1,9730±0,003	423,4±0,5	1,9268±0,006	457,2±0,4	2,0345±0,005	444,4±1,5	2,0402±0,008	474,3±1,3
Октябрь	1,9904±0,008	462,3±1,4	1,9650±0,006	457,0±1,5	1,9836±0,007	491,7±1,2	2,0238±0,006	474,7±1,6	2,0256±0,010	479,3±1,9
Ноябрь	2,0035±0,006	479,5±1,4	1,9480±0,005	462,1±1,4	2,0462±0,006	474,3±1,2	2,1132±0,006	506,4±1,5	2,0024±0,008	492,2±1,5
Декабрь	1,9940±0,006	469,3±1,5	2,0150±0,008	451,7±1,4	2,1204±0,005	459,6±1,2	1,9902±0,005	458,6±1,2	2,0199±0,007	471,9±1,5
Среднее значение за год	1,9778±0,008	437,3±1,4	1,9947±0,007	434,9±1,2	2,0562±0,006	457,9±1,2	2,0332±0,005	443,1±1,2	2,0345±0,007	462,8±1,3

1.2.2. Общее содержание озона.

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

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 бы весь содержащийся в атмосфере озон привести к нормальному давлению и температуре 0° С. В среднем по земному шару, а также над Европейской территорией России она составляет около 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.

В целом за 2016 г. поле отклонений среднегодовых значений ОСО от нормы (рис. 1.2.2.1) достаточно ровное. Отклонения среднегодовых значений ОСО от нормы для всех анализируемых станций находятся в интервале от -9 (Тура) до +2% (Магадан-Нагаево).

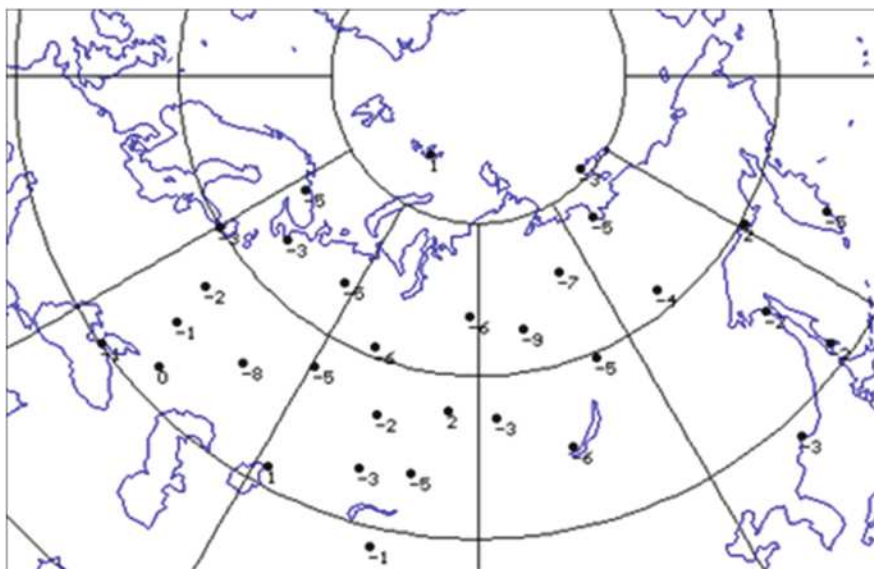


Рис. 1.2.2.1. Поле отклонений(%) общего содержания озона в целом за 2016 г. от нормы по данным озонметрической сети СНГ

Особенностью 2016 г. стало появление первой в истории наблюдений озоновой "мини-дыры" (территории, на которой значения ОСО меньше 220 ед. Д.) над севером Урала и Сибири (рис. 1.2.2.2) в первой половине года. Озоновая "мини-дыра" существовала 5 суток и в максимуме достигала площади до 3 млн. км². К возникновению "мини-дыры" привел необычно интенсивный и холодный циркумполярный вихрь зимы 2015-2016 г. По некоторым оценкам, химические потери озона в зимне-весенний период в начале 2016 г. составили около 27%, что является третьим результатом после потерь 2011 г. (38%) и 1996 г. (30%). В связи с неопределенностью дальнейших изменений температур в стратосфере и объема полярных стратосферных облаков в будущем над Арктикой не исключено возникновение более крупных озоновых аномалий в зимне-весенний период.

Согласно наблюдениям прошлых лет, наиболее крупные аномалии среднемесячных значений ОСО обычно имеют место в марте, реже в апреле. Однако благодаря ранней весенней перестройке в стратосфере высоких широт отклонения от нормы среднемесячных значений ОСО над территорией России в марте 2016 г. были относительно невелики - до 20%: максимальные отклонения наблюдались над севером Западной и Центральной Сибири.

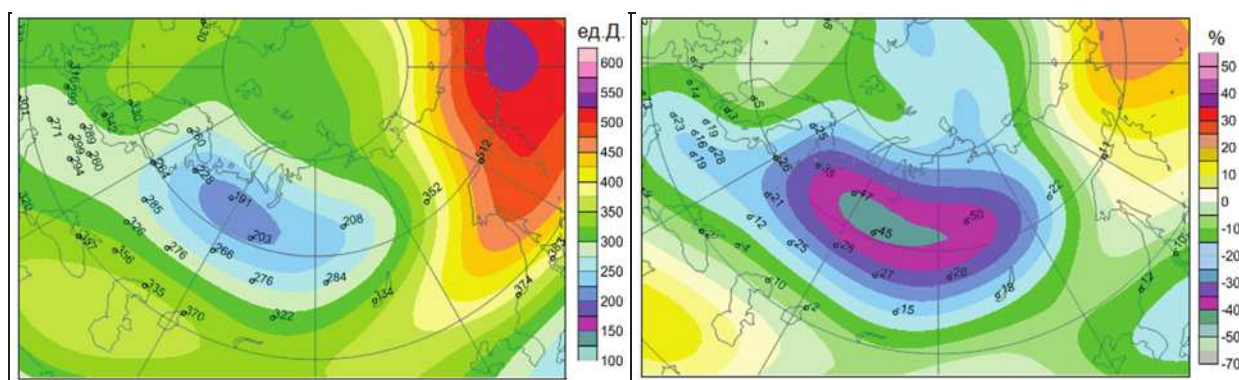


Рис. 1.2.2.2 Поле общего содержания озона (ед.Д.; слева) 28 января 2016 г. и его отклонения(%; справа) от средних многолетних (1978-1988 гг.) значений по данным WOUDC, Канада

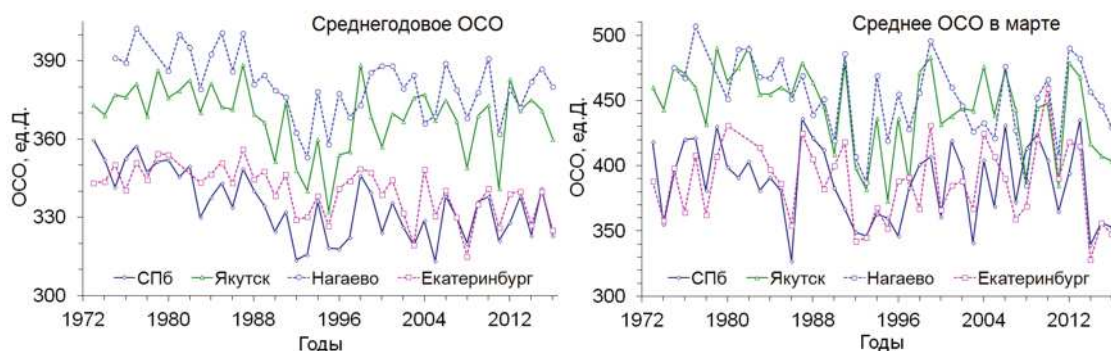


Рис. 1.2.2.3. Межгодовой ход среднегодовых (справа) и средних в марте (слева) значений ОСО в отдельных пунктах наблюдений

Долговременные изменения ОСО над территорией России иллюстрируются ходом среднегодовых и средне-мартовских значений в отдельных пунктах наблюдений (рис. 1.2.2.3). Практически на всех российских станциях различия среднемесячных ОСО в 2016 г. и предыдущем году находились в пределах погрешностей измерений. В целом, по данным наземных станций озонметрической сети и спутниковым данным, можно констатировать, что после заметного понижения ОСО в период 1979-1996 гг., вызванного, по-видимому, увеличением содержания хлорфторуглеродов в стратосфере и извержением вулкана Пинатубо в 1991 г., в последние полтора десятилетия над умеренными широтами Северного полушария четко выраженных однонаправленных долговременных изменений озонового слоя не происходило. При сохранении тенденций изменений ОСО, наблюдаемых с начала нынешнего тысячелетия, ощутимые изменения ОСО можно будет заметить лишь через несколько десятилетий.

Измерения ОСО на территории РФ

Анализ полученных результатов измерений общего содержания озона на озонметрических станциях России в 2016 г., также, как и в предыдущие годы, был произведен на основе деления поля ОСО над территорией РФ на регионы со сравнительно однородным содержанием озона: Северо-запад России, Юго-запад России, Западная Сибирь, Восточная Сибирь и Дальний Восток.

Ежемесячные и среднегодовые значения ОСО за 2016 г. над территорией каждого региона, тридцатилетняя норма (за 1973–2002 гг.) и средние квадратичные отклонения для каждого региона, а также отклонения значений ОСО от нормы (в процентах) приведены в таблице 1.2.2.1.

Среднегодовые значения ОСО над территорией РФ в целом в период 1973–2016 гг. представлены на рис. 1.2.2.4., отклонения среднемесячных значений ОСО от нормы в регионах РФ в 2016 г. показаны на рис. 1.2.2.5.

Таблица 1.2.2.1. Общее содержание озона в различных регионах России в 2016 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 2016 г., Д. е.													
Север ЕТР	339	309	363	402	369	352	327	304	295	276	269	320	327
Юг ЕТР	370	356	365	372	361	336	324	296	308	280	284	351	334
Зап. Сибирь	331	345	353	391	381	346	336	302	297	296	304	348	336
Вост. Сибирь	351	352	383	413	405	352	332	309	283	316	344	352	349
Дальний Восток	451	469	444	409	391	366	319	298	293	347	384	400	369
Отклонения ОСО в 2016 г. от нормы, %													
Север ЕТР	0	-18	-7,1	0,9	-2,7	0,1	-1,5	-3,0	-1,8	-4,7	-6,3	2,7	-3,5
Юг ЕТР	6,9	-4,2	-4,0	-1,6	-1,4	-4,1	-2,6	-7,7	-0,1	-5,7	-5,5	9,9	-1,7
Зап.Сибирь	-8.1	-9,9	-10	-0,2	0,0	-2,1	0,7	-5,9	-3,9	-0,6	1,3	7,9	-2,6
Вост. Сибирь	-10	-15	-11	-3,6	0,1	-1,6	1,6	-2,1	-9,9	0,8	6,5	3,4	-3,4
Дальний Восток	5,4	4,8	-2,0	-5,1	-1,7	1,7	-4,4	-5,1	-7,5	4,9	5,8	1,7	-0,2
Норма, Д.е. и среднеквадратические отклонения, %													
Север ЕТР	339 8.0	379 8.7	391 7.6	398 6.3	379 3.7	352 3.4	332 3.3	315 3.5	301 3.3	289 3.5	287 6.3	312 7.1	339 4.1
Юг ЕТР	346 5.5	372 5.9	380 5.5	378 52.13	366 3.8	350 3.4	333 3.0	321 3.1	308 2.9	297 3.4	300 3.7	319 4.7	339 2.9
Зап. Сибирь	360 5.3	383 6.3	393 7.3	392 6.6	381 4.2	354 3.1	334 3.0	321 3.1	309 3.2	298 4.4	300 4.7	323 5.4	346 3.2
Вост. Сибирь	388 6.1	415 7.0	429 7.9	428 5.1	402 5.5	358 3.6	327 3.4	316 3.2	314 3.5	313 5.1	323 5.0	340 7.4	363 4.1
Дальний Восток	428 4.4	447 4.5	453 5.1	431 5.1	398 6.7	360 3.3	330 3.3	312 3.5	317 4.4	331 4.8	363 6.1	393 5.4	380 2.8

* 1 Д.е. = 0.001 атм.-см.

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

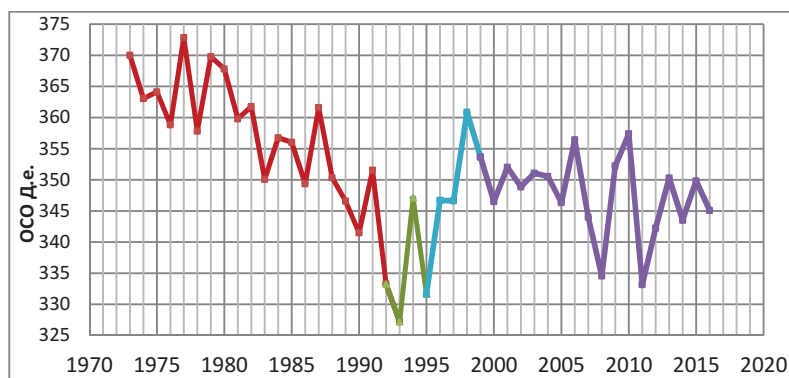


Рис. 1.2.2.4. Среднегодовые значения ОСО над территорией РФ в период 1973–2016 гг.

Многолетние вариации ОСО над территорией РФ

Наличие норм позволяет объективно оценить долговременные изменения толщины защитного озонового слоя, тренды и тенденции в содержании озона за 43-летний период. Как следует из информации, приведенной на рис. 1.2.2.5, этот 43-летний период может быть разделен на четыре части, для которых ход межгодовых изменений ОСО существенно различен:

- 1973–1993 гг. – значительное уменьшение ОСО (- 1,4 Д. е./год);
- 1992–1995 гг. – минимальная толщина озонового слоя;
- 1993–1999 гг. – значительный рост ОСО (3,0 Д. е./год);
- 1996–2016 гг. – значительные межгодовые колебания, средний уровень содержания озона (345 Д. е.) несколько ниже нормы, слабое падение ОСО (- 0,38 Д. е./год).

В течение 1973–2016 гг. толщина озонового слоя ниже нормы более чем на 5%, наблюдалась в 1977 г. (- 5,8%), в 1992 г. (-5,4%), 1993 г. (-7,1%), 1995 г. (-5,9%), 2008 г. (-5,4%), 2011 г. (-5,8%). В течение 43 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 озоновой сетью.

Вариации поля ОСО над регионами РФ в 2016 г.

Результаты расчета среднемесячных значений ОСО над регионами РФ в 2016 г. и их отклонения от нормы приведены в таблице 1.2.2.1 и представлены на рис. 1.2.2.5. Самое значительное понижение озона, наибольшее за все время наблюдений, отмечено во всех регионах, кроме Дальнего Востока в феврале. Отметим, что в зимнее полугодие (как в начале, так и в конце года) различия ОСО между регионами были велики, тогда как в летние месяцы эти различия были небольшими.

На Севере ЕТР среднегодовой уровень ОСО в 2016 г. был ниже нормы (-3,5%). В феврале наблюдалось аномально низкое содержание озона – на 18% ниже нормы. Как в начале, так и в конце года отмечены резкие колебания ОСО.

На Юге ЕТР среднегодовой уровень ОСО был несколько ближе норме (-1,7%). Низкие для региона значения ОСО сохранялись в течение всего года, однако в январе и декабре содержание озона значительно превышало норму на 6,9% и 9,9% соответственно. Наиболее низкая толщина озонового слоя наблюдалась в августе (-7,7%).

Над Западной Сибирью в течение 2016 г среднегодовой уровень ОСО был также ниже нормы (-2,6%). Вариации содержания озона в феврале и марте достигли минимума (-9,9% и 10,0%), наиболее высокие значения ОСО отмечены в декабре (7,9%).

Над Восточной Сибирью в 2016 году в январе, феврале и марте наблюдалось аномально низкое содержание озона (-10%, -15% и -11%), содержание озона также было аномально низким в сентябре. В летние месяцы значения ОСО были близкими к норме (в пределах $\pm 2\%$), а к ноябрю значения ОСО возросли до 6,5%. Среднее за год содержание озона над Восточной Сибирью было ниже нормы на -3,4%.

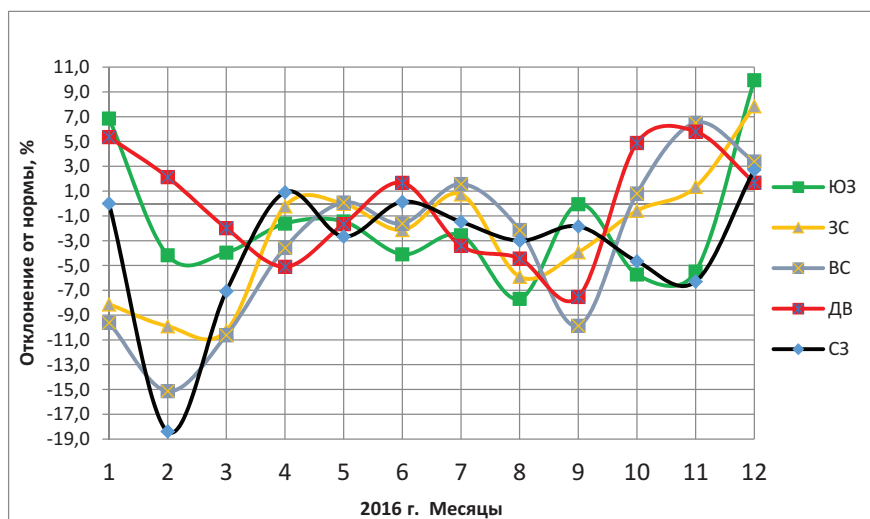


Рис. 1.2.2.5. Отклонения среднемесячных значений ОСО от нормы в регионах РФ в 2016 г. (СЗ – Север Европейской территории России, ЮЗ – Юг Европейской территории России, ЗС – Западная Сибирь, ВС – Восточная Сибирь, ДВ – Дальний восток)

На Дальнем Востоке в течение 2016 г. вариации содержания озона существенно отличались по сравнению с другими регионами. В начале года содержание озона постепенно уменьшалось от 5,4% в январе до -5,1% в апреле. Минимальные значения ОСО наблюдались

в сентябре (-7,5%), затем озон увеличился до 5,8% в ноябре. В среднем за год отклонение значений ОСО от нормы для Дальнего Востока составило всего -0,2%.

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

Над всей территорией РФ в 2016 г. средняя за год толщина озонового слоя 345 Д. е. оказалась ниже нормы (353 Д. е.) менее чем на 0,3%.

Поле ОСО и особенности циркуляции 2016 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 то же время в течение зимы над Сибирью, Дальним Востоком и Востоком Канады устанавливается высотный антициклон с высоким содержанием озона и высокой температурой.

В 2016 г. в поле озона над РФ в феврале отмечалось аномально низкое содержание озона над всеми регионами РФ (кроме дальневосточного региона) и повышенное содержание озона над Дальним Востоком. По результатам комплексного анализа, аномалии связаны с состоянием циркумполярного вихря в нижней стратосфере. В начале 2016 г. он устойчиво наблюдался над Европейской территорией России и над Сибирью. В то же время над Дальним Востоком наблюдался богатый озоном теплый воздух стратосферы вместе с высотным антициклоном.

В летнем полугодии устойчивое синоптическое состояние способствовало сохранению значений ОСО в пределах $\pm 1\%$. Осенью 2016 г. над всеми регионами РФ установился высотный антициклон, что способствовало постепенному увеличению ОСО к концу года.

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 табл. 1.2.3.1 представлены районы расположения и координаты станций фоновых мониторинга, на которых проводятся наблюдения за ОПА и прозрачностью атмосферы.

Средние за 2016 г. значения P_2 и ОПА для региональных станций фоновых мониторинга и трех парных им городов в сравнении со значениями 2015 года приводятся в таблице 1.2.3.2. 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.

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

Станция	Район расположения	Широта в град. с.ш.	Долгота в град. в.д.
Туруханск	Красноярский край	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 и 2.7

(*) - городские станции, являющиеся парными фоновым, указанным на строку выше;

(**) - станция Диксон начала присылать свою информацию с 2014 г.

Таблица 1.2.3.2. Среднегодовые значения ОПА и стандартные отклонения ($\pm\sigma$) средних месячных значений ОПА от среднего за год на станциях фонового мониторинга в 2016 и 2015 годах, а также изменения ОПА (Δ %) в 2016 г. по сравнению с 2015 г.

Станция	ОПА $\pm\sigma$ 2016 г.	ОПА $\pm\sigma$ 2015 г.	Δ (%)	$P_2 \pm \sigma$ 2016 г.	$P_2 \pm \sigma$ 2015 г.	Δ (%)
Туруханск	0,217 $\pm$ 0,011	0,217 $\pm$ 0,016	0	0,805 $\pm$ 0,009	0,805 $\pm$ 0,013	0
Усть-Вымь	0,272 $\pm$ 0,050	0,231 $\pm$ 0,055	17,7	0,764 $\pm$ 0,037	0,795 $\pm$ 0,044	-3,9
Сыктывкар*	0,271 $\pm$ 0,057	0,236 $\pm$ 0,028	14,8	0,762 $\pm$ 0,043	0,790 $\pm$ 0,022	-3,5
Воейково	0,245 $\pm$ 0,036	0,224 $\pm$ 0,027	9,3	0,784 $\pm$ 0,028	0,799 $\pm$ 0,022	-1,9
Памятное	0,264 $\pm$ 0,039	0,261 $\pm$ 0,056	1,1	0,769 $\pm$ 0,030	0,772 $\pm$ 0,042	-0,4
Курган*	0,276 $\pm$ 0,045	0,265 $\pm$ 0,056	4,2	0,760 $\pm$ 0,034	0,769 $\pm$ 0,042	-1,2
Хужир	0,215 $\pm$ 0,030	0,220 $\pm$ 0,032	-2,3	0,807 $\pm$ 0,024	0,803 $\pm$ 0,026	0,5
Иркутск*	0,233 $\pm$ 0,028	0,253 $\pm$ 0,024	-7,9	0,794 $\pm$ 0,022	0,778 $\pm$ 0,017	2,1
Шаджатмаз	0,169 $\pm$ 0,030	0,169 $\pm$ 0,027	0	0,845 $\pm$ 0,025	0,845 $\pm$ 0,023	0
о-в Диксон**	0,267 $\pm$ 0,067	0,25 $\pm$ 0,039	6,8	0,768 $\pm$ 0,053	0,781 $\pm$ 0,030	-1,7

В 2016 году горная станция Шаджатмаз (Северный Кавказ, высота 2070 м над уровнем моря) по-прежнему является наименее загрязненной из всех рассматриваемых станций. Среднегодовое значение ОПА сохранилось на уровне прошлого года (0,169).

Из остальных региональных станций наименьшее замутнение атмосферы наблюдалось на станции Хужир (0,215), расположенной на о-ве Ольхон (оз. Байкал), и в Туруханске (0,217), причем относительно прошлого года на станции Хужир ОПА снизилась всего на 2,3%, а на станции Туруханск уровень замутнения остался неизменным.

Наибольший рост ОПА отмечен в Республике Коми, на станции Усть-Вымь (17,7%) и на парной ей городской станции Сыктывкар* (14,8%), причем среднегодовые значения ОПА на обеих станциях практически не отличались. На остальных станциях фонового мониторинга изменения среднегодовых значений ОПА не превосходили $\pm 9,3\%$. Из городских станций самое высокое замутнение наблюдалось на станции Курган* (0,276), парной фоновой станции Памятное.

Представление об изменении ОПА в 2016 г. по сравнению с многолетней нормой дано на рис. 1.2.3.1, на котором приведены нормированные аномалии ОПА (%) для 2016 года.

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.

Как видно из рис. 1.2.3.1, среднегодовые значения ОПА в 2016 году по сравнению с 30-летней нормой были понижены на шести станциях: Туруханск (-7,3%), Воейково (-10,6%), Курган* (-1,4%), Хужир (-10,4%), Иркутск* (-12,4%) и Шаджатмаз (-11,0%). Среднегодовые значения ОПА были повышены на трех станциях: Усть-Вымь (8,4%), Сыктывкар* (2,3%) и Памятное (3,5%). Таким образом, на большинстве станций степень замутнения атмосферы в 2016 году понизилась относительно многолетней нормы.

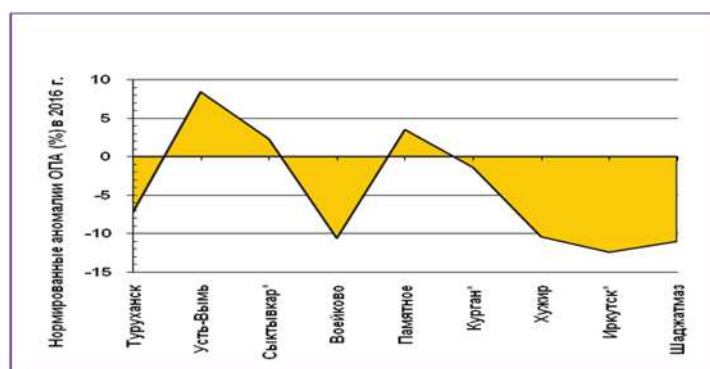


Рис. 1.2.3.1. Нормированные аномалии ОПА(%) в 2016 году по сравнению с 30-летней нормой

О внутригодовых изменениях ОПА на станциях фонового мониторинга в 2016 году дает представление рис. 1.2.3.2. а,б,в,г.

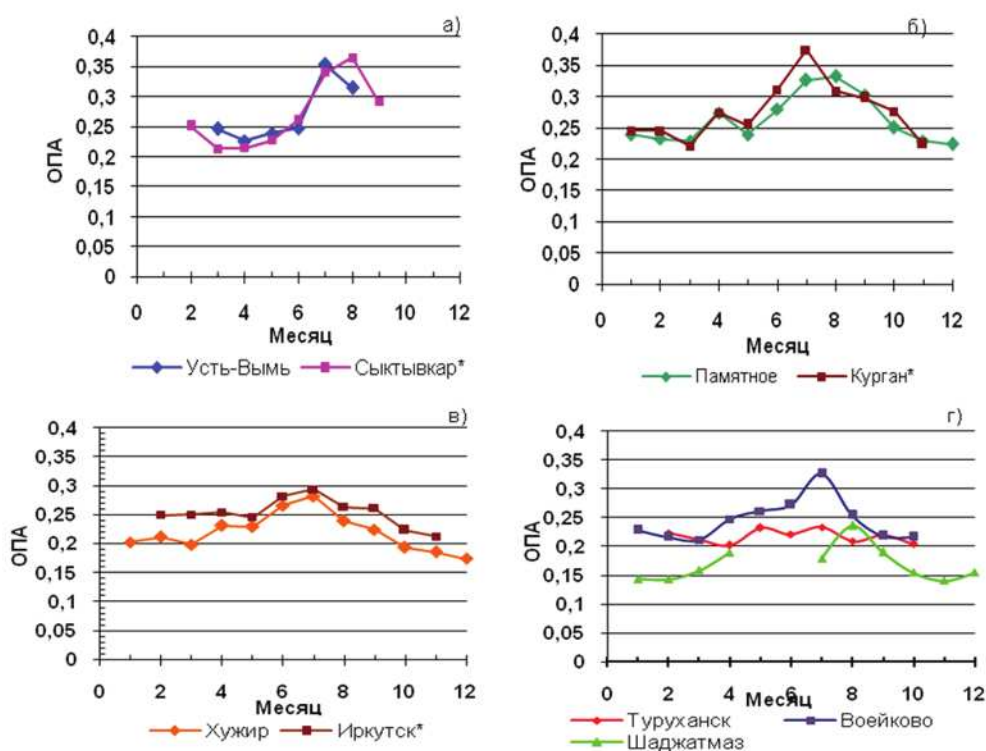


Рис. 1.2.3.2. Годовой ход ОПА на станциях фонового мониторинга в 2016 г.

Классический годовой ход ОПА с максимумом замутнения летом и минимумом зимой и с постоянным превышением городского загрязнения над фоновым в течение всего наблюдательного периода имел место только на паре станций Хужир – Иркутск* (рис. 1.2.3.2 в). На городской станции Сыктывкар*, парной фоновой станции Усть-Вымь, загрязнение с февраля по май было ниже, чем на региональной станции (рис. 1.2.3.2 а). Максимальные значения ОПА на станции Усть-Вымь пришлось на июль, на станции Сыктывкар* – на август. На станциях Памятное и Курган* (рис. 1.2.3.2 б), расположенных в степной зоне, среднемесячные значения ОПА также были близки по величине. Максимальные различия отмечались в июле, когда в Кургане было зарегистрировано самое высокое среднемесячное значение ОПА из всех рассматриваемых станций (ОПА = 0,375). Особенности загрязнения на каждой станции определяются целым комплексом причин: траекториями прохождения воздушных масс с определенной степенью загрязнения, расположением станции по отношению к набегающему потоку, метеорологическими условиями в районе станции, а также влиянием локальных источников загрязнения.

Из непарных фоновых станций (рис. 1.2.3.2 г) наиболее высокая замутненность атмосферы по-прежнему сохранялась на станции Воейково, расположенной в 12 км к востоку от Санкт-Петербурга, резко выраженный летний максимум на ней пришелся на июль. Среднемесячные значения ОПА на сибирской станции Туруханск в 2016 году мало менялись в течение года и не выходили за пределы интервала $0,2 \div 0,25$. На станции Шаджатмаз из-за отсутствия подходящих для измерений погодных условий не было наблюдений в мае и июне, а в августе был зарегистрирован неожиданно высокий летний максимум ОПА, во время которого среднемесячное значение ОПА по величине приблизилось к аналогичному значению для пригородной станции Воейково.

О многолетней изменчивости оптической плотности атмосферы на станциях фонового мониторинга позволяют судить результаты на рис. 1.2.3.3 а,б,в,г, где показано изменение нормированных аномалий ОПА (в %) на всех фоновых станциях с начала 1970-х годов и по 2016 г. включительно.

Наиболее продолжительный период с положительными нормированными 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.

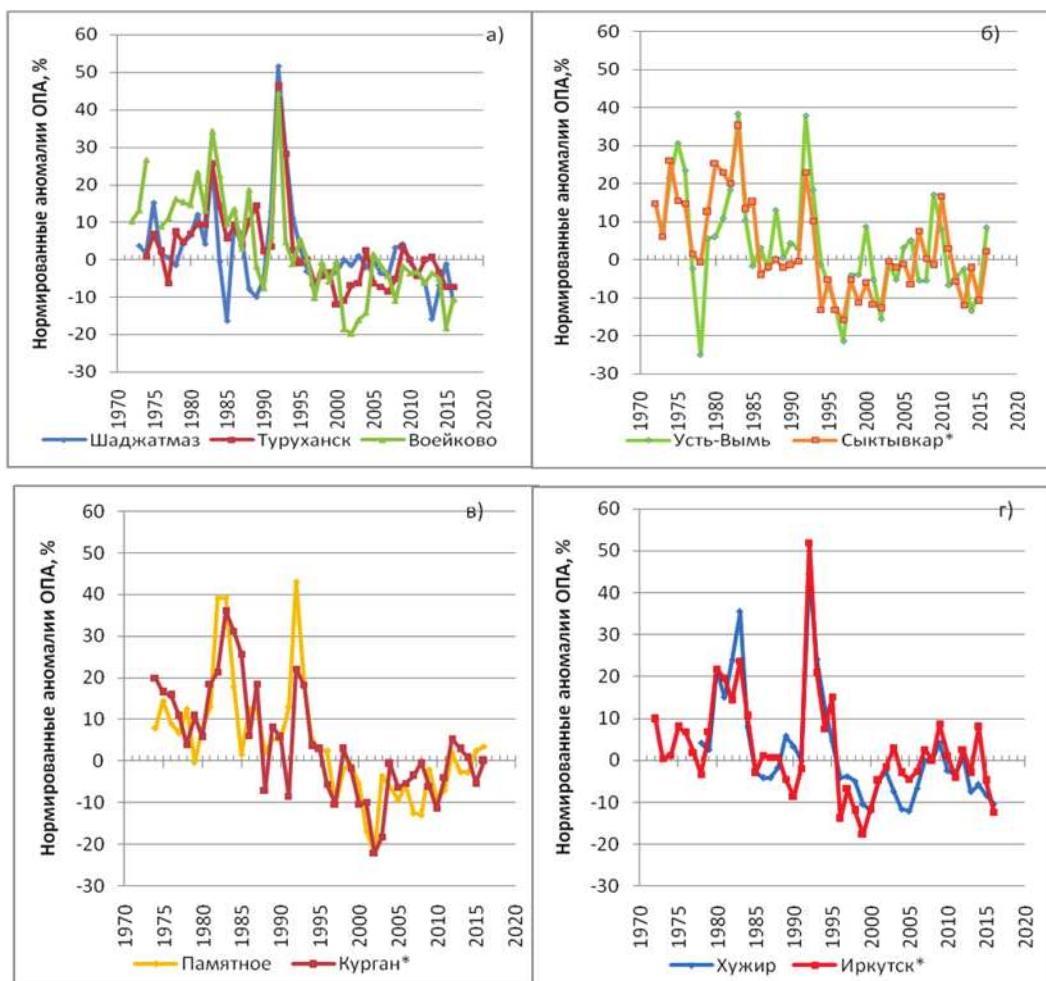


Рис. 1.2.3.3. Межгодовая изменчивость нормированных аномалий ОПА(%) на станциях фонового мониторинга атмосферы

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) и 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 67 лет, в Иркутске – 57 лет, в Верхнем Дуброво – 59 лет, в Южно-Сахалинске – 48 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.

Измерения градиента потенциала V' проводились на всех станциях. Обобщенные по сезонам результаты измерений V'_c за 2010–2016 гг. приведены в таблице 1.2.4.1. Измерения удельных полярных электрических проводимостей воздуха L^+ и L^- выполнялись на протяжении 2016 г. в Воейково и Иркутске и Верхнем Дуброво. В таблице 1.2.4.2 приведены обобщенные по сезонам результаты измерений удельной суммарной электрической проводимости воздуха L_s на станциях Воейково и Иркутск за 2010–2016 гг. и на станции Верхнее Дуброво за 2015-2016 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).

Таблица 1.2.4.1. Сезонные (V'_c), среднегодовые (V'_r) и среднемесячные минимальные и максимальные (в скобках) значения V' (даВ/м) за 2010–2016 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	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	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	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	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)

Таблица 1.2.4.2. Сезонные (L_c) и среднегодовые (L_r) 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) (2010–2016 гг.) и Верхнее Дуброво (ВД) (2015–2016 гг.)

Станция	Год	$L_c, (L_s)$				$L_r, (L_s)$
		Зима	Весна	Лето	Осень	
В	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	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	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)

На рис. 1.2.4.1 представлен годовой ход V' по всем станциям сети за 2016 г. на фоне осредненного годового хода V' за предшествующий период (2010–2015 гг.). На рис. 1.2.4.2 в такой же форме показан годовой ход L_s по станциям Воейково и Иркутск.

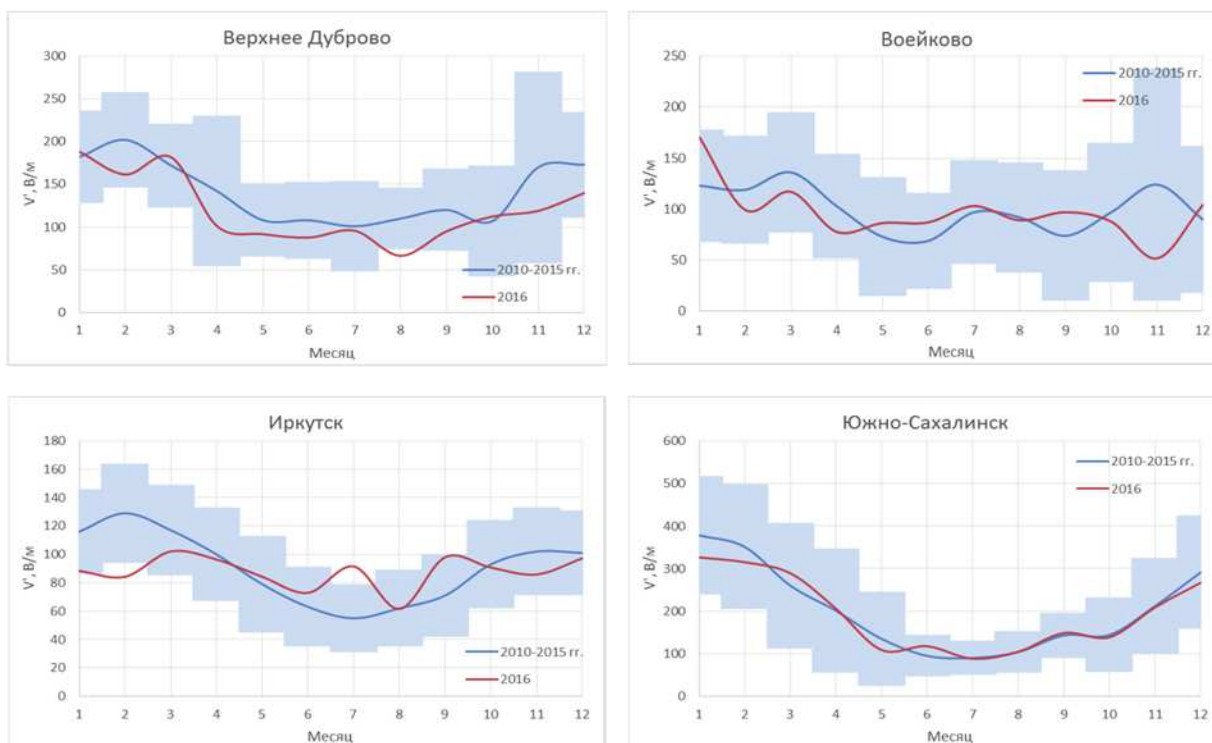


Рис. 1.2.4.1. Годовой ход V' по станциям атмосферно-электрической сети в 2016 г. на фоне осредненного годового хода V' за период 2010-2015 гг. Цветным фоном обозначены границы стандартного отклонения от среднего значения за 2010-2015 гг.

Из рис. 1.2.4.1 следует, что на станции Верхнее Дуброво во все месяцы 2016 года, за исключением января, марта и октября среднемесячные значения V' были ниже по сравнению с аналогичными средними значениями за 2010–2015 гг.

На станции Воейково существенное снижение V' отмечено в ноябре 2016 года, в Иркутске – в феврале и ноябре, а в июле и сентябре, наоборот, зафиксировано заметное превышение V' относительно средних за 2010–2015 гг.

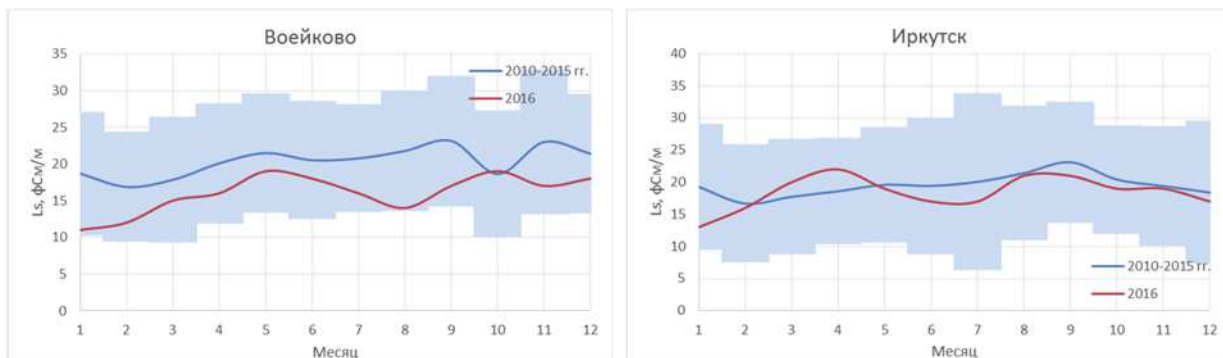


Рис. 1.2.4.2. Годовой ход L_s по станциям Воейково и Иркутск в 2016 г. на фоне осредненного годового хода L_s за период 2010-2015 гг. Цветным фоном обозначены границы стандартного отклонения от среднего значения за 2010-2015 гг.

На станции Воейково в 2016 г. все среднемесячные значения L_s (за исключением октябрьского значения) были ниже по сравнению с соответствующими значениями для осредненного годового хода этого параметра за предшествующий период. При этом в январе, августе и ноябре снижение L_s было наиболее заметным.

В Иркутске в весенний период наблюдалось превышение, а в осенний уменьшение L_s относительно соответствующих средних значений за предшествующий период.

1.3. Химический состав атмосферных осадков

1.3.1. Загрязняющие вещества в атмосферных осадках

Тяжелые металлы

В 2015-2016 геофизическом году средневзвешенные годовые фоновые концентрации свинца в атмосферных осадках составили: на территории Кавказского БЗ – около 0,5 мкг/л, Приокско-Террасного БЗ – около 2,0 мкг/л, Астраханского БЗ – менее 0,5 мкг/л, Воронежского БЗ – около 1,5 мкг/л, Алтайский БЗ – 0,6 мкг/л. Средневзвешенная годовая фоновая концентрация свинца в атмосферных осадках на территории почти всех заповедников в рассматриваемый период была на том же уровне, что и в предыдущий период (табл. 1.3.1.1, рис. 1.3.1.1).

Максимальная среднемесячная концентрация свинца в осадках на территории Кавказского БЗ была отмечена в апреле 2016 г. и достигла 1,7 мкг/л, в остальные месяцы концентрации были ниже 1 мкг/л. Среднемесячные концентрации свинца на территории Астраханского БЗ в большинстве случаев были менее 1 мкг/л. Среднемесячные концентрации свинца в осадках на территории Алтайского БЗ так же в основном были ниже 1 мкг/л. В Воронежском БЗ максимальные концентрации были зафиксированы в ноябре 2015 г. (3,6 мкг/л) и в августе (3,5 мкг/л). В остальное время концентрации свинца варьировали от 1,0 до 1,5 мкг/л. В Приокско-Террасном максимальные концентрации были зафиксированы в июле 2016 г. (4,9 мкг/л) и в июне (4,5 мкг/л), а минимальные в январе, феврале и сентябре 2016 г. (во всех случаях менее 1 мкг/л).

Наименьшие влажные выпадения свинца в рассматриваемый период были зафиксированы на территории Астраханского БЗ и составили менее 0,2 мг/м², как и в предыдущий геофизический год. На территории Алтайского БЗ влажные выпадения свинца составили около 0,6 мг/м², что несколько выше предыдущего геофизического года. На территориях Кавказского БЗ и Воронежского БЗ влажные выпадения свинца были около 1 мг/м² (1,0 и 1,2 мг/м² соответственно) (рис 1.3.1.2).

В 2015-2016 геофизическом году средневзвешенные годовые фоновые концентрации кадмия в атмосферных осадках составили: на территории Кавказского БЗ – 0,05 мкг/л, Приокско-Террасного БЗ – 0,16 мкг/л, Воронежского БЗ – 0,10 мкг/л, Алтайский БЗ – 0,07 мкг/л. Средневзвешенные годовые фоновые концентрации кадмия в атмосферных осадках на территории большинства заповедников в рассматриваемый период были на уровне предыдущего года (табл. 1.3.1.1, рис. 1.3.1.1).

На территории Приокско-Террасного БЗ максимальная концентрация кадмия была зафиксирована в мае 2016 года (0,48 мкг/л), а минимальная в январе 2016 г. (около 0,03 мкг/л). В половине случаев концентрации кадмия были ниже 0,1 мкг/л. На территории Кавказского БЗ максимальная концентрация была зафиксирована в феврале 2016 г. (0,27 мкг/л), в остальные месяцы концентрации не превышали 0,1 мкг/л. На территории Воронежского заповедника максимальная концентрация была зафиксирована в декабре 2015 года (0,32 мкг/л), более чем в половине месяцев концентрация кадмия была ниже 0,1 мкг/л. На территории Алтайского заповедника максимальная концентрация была зафиксирована в апреле 2016 года (0,20 мкг/л), в остальные месяцы концентрации были ниже или близки к 0,1 мкг/л.

На территории Приокско-Террасного БЗ влажные выпадения кадмия в 2015-2016 геофизическом году составили около 136 мкг/м², в Воронежском БЗ – около 85 мкг/м², в Кавказском БЗ - менее 90 мкг/м², на станции Яйлю – около 75 мкг/м² (рис. 1.3.1.2).

В 2015–2016 геофизическом году средневзвешенные годовые фоновые концентрации ртути в атмосферных осадках составили: на территории Кавказского БЗ – 0,37 мкг/л, Приокско-Террасного БЗ – 0,53 мкг/л, Воронежского БЗ – 0,13 мкг/л, Алтайского БЗ – около 0,3 мкг/л, Астраханского БЗ- 1,3 мкг/л (табл. 1.3.1.1, рис. 1.3.1.1).

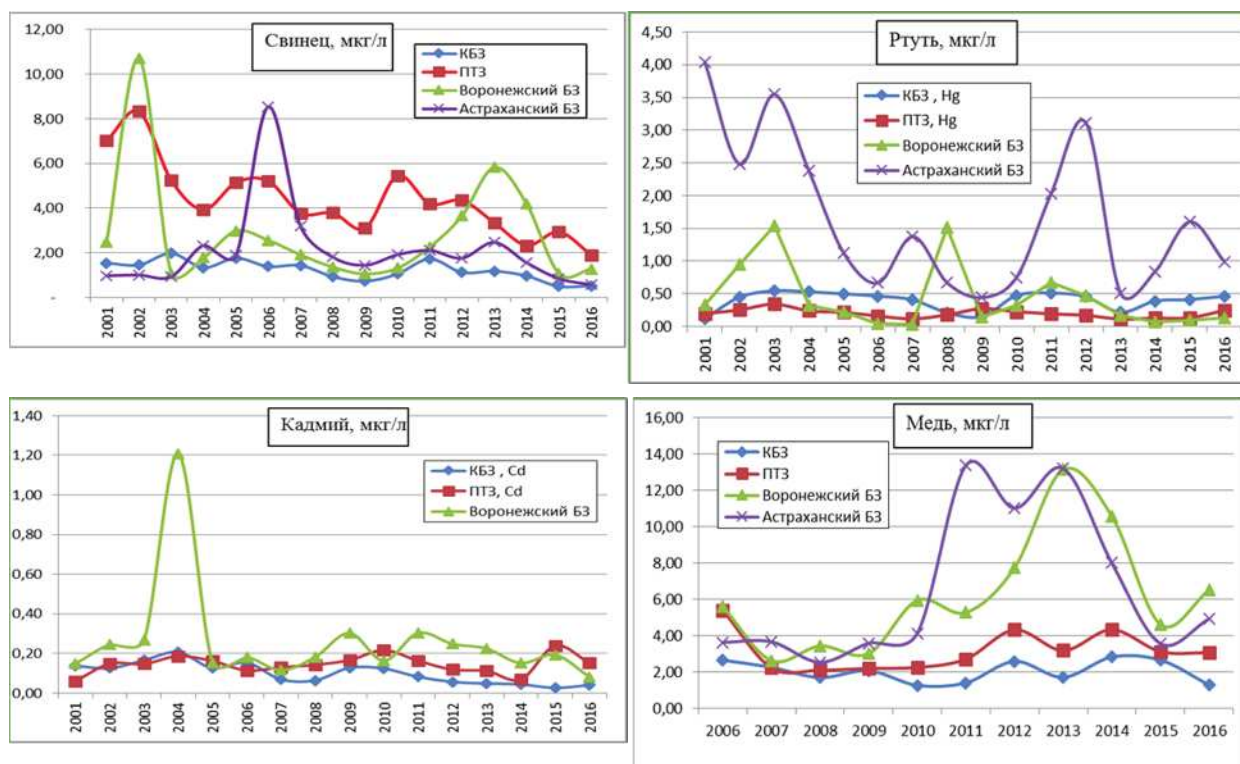


Рис. 1.3.1.1. Изменение содержания тяжелых металлов в атмосферных осадках фоновых районов в 2000-2016 гг.

Средневзвешенная годовая концентрация ртути в атмосферных осадках на территории Кавказского БЗ в 2015-2016 году соответствовала уровню предыдущего геофизического года и варьировала в диапазоне от 0,20 до 0,58 мкг/л. В Приокско-Террасном БЗ концентрация ртути была ниже предыдущего года. При этом в рассматриваемый период было зафиксировано аномально высокое для этой станции значение содержания ртути в атмосферных осадках в ноябре 2015 года (более 3 мкг/л). В Астраханском БЗ концентрации ртути были, в большинстве случаев, более 1 мкг/л с максимальной концентрацией в июле 2016 года. На территории Воронежского БЗ концентрации ртути были, в основном, ниже 0,1 мкг/л. Максимальная концентрация, сильно отличающаяся от зафиксированных в остальные месяцы, отмечена в марте 2016 г. (0,76 мкг/л). На территории Алтайского БЗ концентрации ртути в атмосферных осадках варьировали в широком диапазоне от значений, ниже предела обнаружения до повышенных в апреле и июне 2016 г. (1,78 и около 0,7 мкг/л соответственно), в остальные месяцы концентрации были, в основном, ниже 0,1 мкг/л.

На территории Приокско-Террасный БЗ влажные выпадения ртути в 2015-2016 геофизическом году составили более 0,35 мг/м², на территории Воронежского заповедника – около 0,1 мг/м², Кавказского БЗ – около 0,8 мг/м², Алтайского заповедника – около 0,4 мг/м², Астраханского БЗ - около 0,35 мг/м². На территории Воронежского и Алтайского заповедников выпадения были выше, чем в предыдущий геофизический год (рис. 1.3.1.2).

В 2015–2016 геофизическом году средневзвешенные годовые фоновые концентрации меди в атмосферных осадках составили: на территории Кавказского БЗ – 1,3 мкг/л, Приокско-Террасного БЗ – 3,1 мкг/л, Воронежского БЗ – 6,5 мкг/л, Алтайского БЗ – 0,8 мкг/л, Астраханского БЗ- 1,5 мкг/л (табл. 1.3.1.1, рис. 1.3.1.1).

Среднемесячные концентрации меди на территории Приокско-Террасного БЗ находились, в основном в диапазоне от значений около 2 мкг/л до 3,8 (максимальное значение в январе 2016 г.). В Кавказском БЗ концентрации варьировали от значений ниже предела обнаружения, до 4,5 мкг/л (в июле 2016 г.). На территории Воронежского БЗ концентрации меди варьировали в наибольшем диапазоне: от 1,4 мкг/л (октябрь 2015 г.) до

15,0 мкг/л (август 2016 г.). В Астраханском БЗ концентрации варьировали от значений ниже предела обнаружения, до 3,9 мкг/л (январь 2016 г.). На станции Яйлю максимальные концентрации были зафиксированы в апреле и июне (1,4 и 1,8 мкг/л соответственно), в остальные месяцы значения концентраций не превышали 1 мкг/л.

На территории Приокско-Террасного БЗ влажные выпадения меди в рассматриваемый период составили менее около 1,7 мг/м², в Воронежском БЗ – более 4,5 мг/м², в Кавказском БЗ – более 3,5 мг/м², на станции Яйлю – около 0,7 мг/м², в Астраханском БЗ – более 0,4 мг/м² (рис. 1.3.1.2).

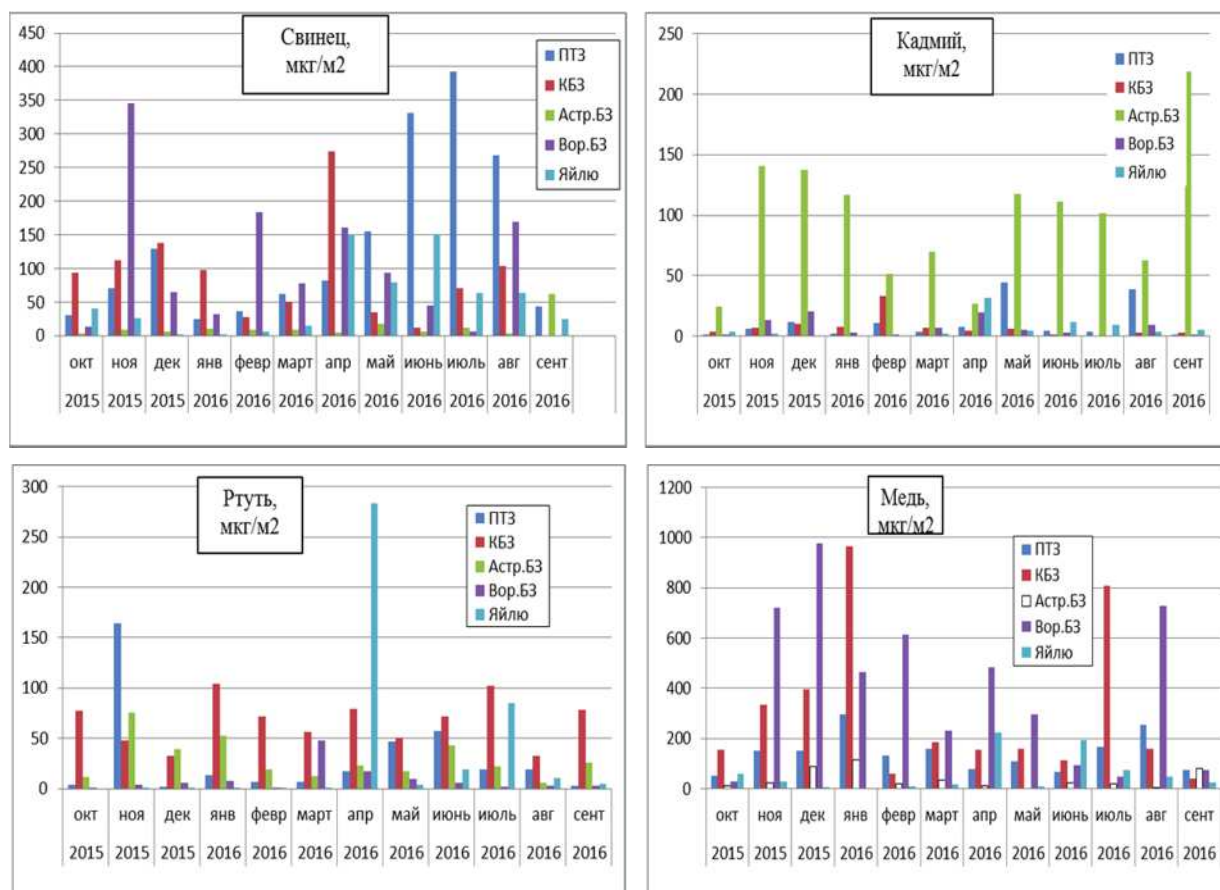


Рис. 1.3.1.2. Годовой ход выпадений тяжелых металлов с атмосферными осадками в фоновых районах

Таблица 1.3.1.1. Концентрации загрязняющих веществ в атмосферных осадках фоновых районов в 2016 г.

Заповедник	Период наблюдений	Свинец, мкг/л		Кадмий, мкг/л		Ртуть, мкг/л	
		Диапазон	2016 г	Диапазон	2016 г	Диапазон	2016 г
Кавказский БЗ	1982-2016	0,19 - 69,0	0,52	0,020 - 49,0	0,05	0,001 - 22,4	0,37
Приокско-Террасный БЗ	1983-2016	0,2 - 696,0	2,05	0,009 - 20,0	0,16	0,01 - 80,0	0,53
Астраханский БЗ	1987-2016	0,05 - 91,0	0,48			0,02 - 376,0	1,31
Воронежский БЗ	1989-2016	0,18 - 44,2	1,54	0,025 - 19,0	0,10	0,001 - 311,0	0,13
Яйлю	1998-2016	0,25 - 48,0	0,60	0,011 - 12,5	0,07	0,001 - 0,97	0,25

Заповедник	Период наблюдений	Бенз(а)пирен, нг/л		сумма-ДДТ, нг/л		γ-ГХГЦ, нг/л	
		Диапазон	2016 г	Диапазон	2016 г	Диапазон	2016 г
Кавказский БЗ	1982-2016	0,05 - 61,0	1,22	1,01 - 1811	358,4	0,25 - 190	1,21
Приокско-Террасный БЗ	1983-2016	0,05 - 28,0	1,05	1,5 - 1729	87,4	0,25 - 12960	2,46
Астраханский БЗ	1987-2016	0,05 - 22,72	1,23	1,5 - 994	87,7	0,3 - 1397	1,90
Воронежский БЗ	1989-2016	0,05 - 10,4	0,97	1,0 - 71748	11512	0,23 - 40,7	1,93
Яйлю	1998-2016	0,1 - 14,0	1,55	0,4 - 350	165,1	0,1 - 398	72,8

нпс - значение ниже предела обнаружения.

1.3.2. Фоновый уровень ионного состава атмосферных осадков

В систему Глобальной службы атмосферы (ГСА) ВМО входят 10 станций, распределенных по трем зонам: Европейская территория России (ЕТР) — Усть-Вымь, Воронежский БЗ и Приокско-Тerrasный БЗ; Азиатская территория России (АТР) — Туруханск, Хужир, Памятная, Терней (Сихотэ-Алинский БЗ); горные станции — Кавказский БЗ и Шаджатмаз. К группе горных добавлена метеостанция Приморская. В соответствии с рекомендацией ВМО на большинстве станций отбирались недельные пробы осадков, на ст. Хужир — месячные пробы, а на ст. Приморская отбор проб производился ежесуточно.

Минерализация и удельная электропроводность атмосферных осадков.

Средневзвешенная за год сумма ионов в осадках ЕТР в 2007-2016 гг., в основном, не превышала 15 мг/л (табл. 1.3.2.1). На АТР в Памятной минерализация (М) осадков достигала 16 (2009 г.) и 18 мг/л (2010 г.), в Приморской — 16 мг/л (2013 г.). Абсолютный максимум минерализации (19 мг/л) наблюдался в осадках горной станции Шаджатмаз в 2015 г. Известно, что любое повышение суммы ионов М автоматически приводит к возрастанию удельной электропроводности к. Колебания суммы осадков, кислотности и химического состава осадков характерны для всего десятилетия. Для межгодовой суммы осадков они могут достигать 40% (Приокско-Тerrasный БЗ). В 2016 г. абсолютно минимальные значения М (и соответственно к) были определены в осадках Приокско-Тerrasного БЗ — 4,4 мг/л, абсолютно максимальные — в осадках Приморской (12,8 мг/л). Диапазон изменения среднегодовой величины рН, рассчитанной на основе среднемесячных концентраций, находится в пределах от 5,4 до 6,3 (табл. 1.3.2.1).

Таблица 1.3.2.1. Средневзвешенные за год концентрации ионов в осадках и величина рН на станциях фонового мониторинга, 2016 г.

Станция	q, мм	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	М	рН		к, мкСм /см
		мг/л										рН _{ср}	рН _{мин}	
Усть-Вымь	545	1,4	0,5	1,1	2,9	0,5	0,5	0,2	0,9	0,2	8,1	6,1	4,9	15
Приокско-Тerrasный БЗ	795	0,9	0,4	1,0	0,7	0,3	0,2	0,1	0,5	0,1	4,4	5,6	4,3	9
Воронежский БЗ	701	1,7	0,8	1,4	1,2	0,3	0,5	0,3	0,8	0,2	7,2	5,7	4,6	17
Кавказский БЗ	2416	1,1	0,5	0,9	1,8	0,4	0,2	0,1	0,9	0,2	6,2	5,9	5,1	13
Шаджатмаз	669	1,3	0,6	2,0	4,5	0,9	0,3	0,3	1,2	0,3	11,5	6,3	5,8	20
Приморская	925	3,7	1,6	2,1	1,4	0,7	1,0	0,8	1,1	0,2	12,8	5,9	4,5	24
Памятная	412	2,1	1,3	1,6	2,3	0,5	0,8	0,5	1,0	0,3	10,3	5,7	5,0	20
Туруханск	485	3,5	1,2	0,5	2,2	0,4	1,0	0,5	0,6	0,6	10,3	5,9	5,2	21
Хужир	198	1,9	0,3	0,6	1,9	0,4	0,2	0,2	0,5	0,2	6,2	6,2	5,7	12
Терней	1004	2,2	1,4	1,4	0,4	0,5	1,0	0,2	0,5	0,2	7,7	5,4	4,3	18

Максимальная кислотность осадков рН_{мин} наблюдалась в осадках Приокско-Тerrasного БЗ — 4,3, Воронежского БЗ — 4,6 и на станции Усть-Вымь — 4,9, что обусловлено в основном природными и антропогенными локальными влияниями. Низкие значения рН установлены также и в осадках других станциях ЕТР. Следовательно, европейская зона РФ подвергается периодически более сильному естественному закислению воздуха и осадков. В типично горном ландшафте (Кавказский БЗ и Шаджатмаз) величина рН редко бывает меньше 5,0. На закисление атмосферных осадков АТР возможно влияют локальные антропогенные источники загрязнения (лесные пожары и отопление углем). В осадках прибрежных станций по результатам многолетних наблюдений минимальные значения рН лежат в основном в интервале 4,0 - 4,5. Однако в 2011 г. абсолютно минимальные значения рН составили 3,7 (Приморская) и 3,9 (Терней).

Годовой ход минерализации и удельной электропроводности осадков. Изменение минерализации и удельной электропроводности осадков в 2016 г. представлено на рис. 1.3.2.1. На всех станциях наблюдалась синхронность между измеряемой величиной k и расчётной суммой ионов (M). Коэффициент детерминации показывает, что изменчивость удельной электропроводности связана с общей минерализацией на 92-96%. Однако отношение k/M для каждой станции или группы станций разное и k превышало в среднем минерализацию осадков от 1,5 до 3,5 раза. В Шаджатмазе размах отношения k/M достигал 1,2-3,6. В Кавказском и Воронежском БЗ, а также в Туруханске, Приморской и Тернее, отношение удельной электропроводности к минерализации близко к 2 и варьировало в пределах единицы.

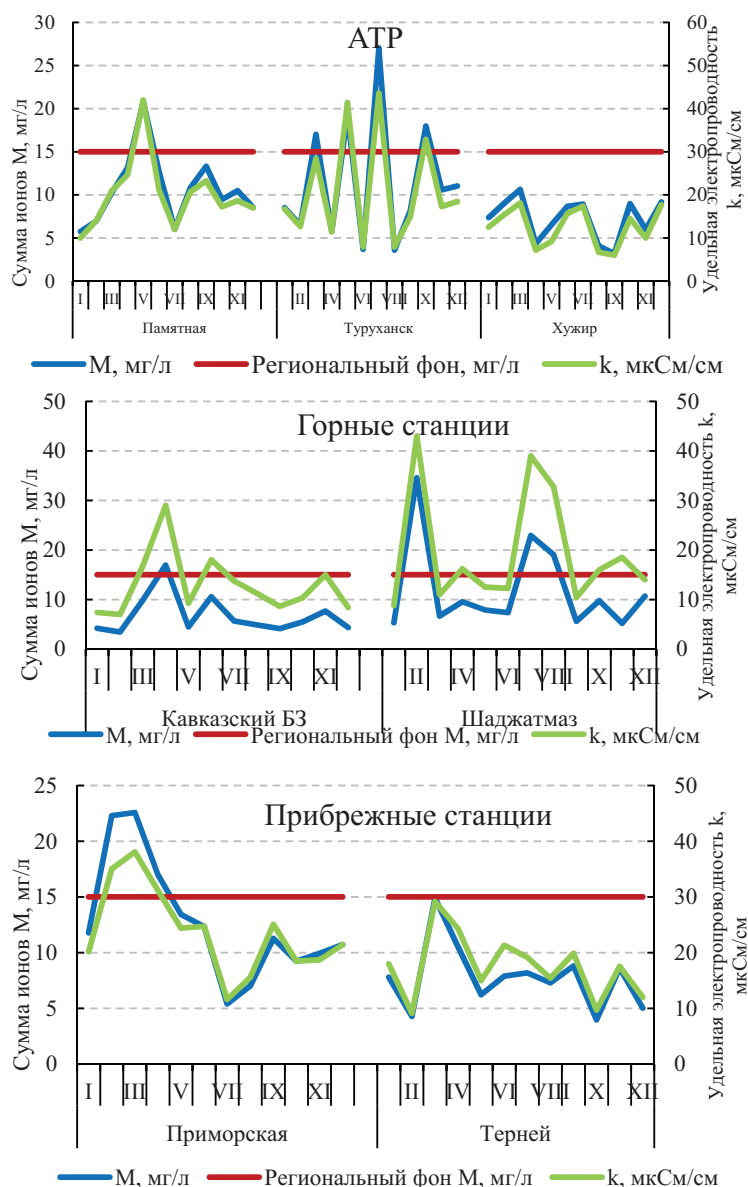


Рис. 1.3.2.1. Годовой ход минерализации и удельной электропроводности атмосферных осадков на станциях фонового мониторинга, 2016 г.

Такие расхождения могут быть связаны как с колебаниями кислотности осадков, так и с тем, что в химическом составе осадков могут присутствовать и другие соединения.

В течение всего 2016 г. величина минерализации была ниже значения регионального фона только в осадках Приокско-Террасного БЗ и Хужира. По одному разу в год 15 мг/л превышалось в осадках Усть-Выми, Воронежском и Кавказском БЗ, а также станций

Памятная и Терней. Минимальные значения минерализации около 4 мг/л были характерны для осадков Приокско-Террасного БЗ, Хужира и Тернея. Максимальные величины наблюдались в осадках Памятной – 23 мг/л, в Туруханске – 27 мг/л и на Шаджатмазе – 35 мг/л. По средним за месяц значениям минерализация связана на 35-40% с суммой осадков.

Временной ход химического состава осадков. При распределении станций на зоны помимо физико-географических условий были использованы и особенности формирования ХСО. Так, на ЕТР и на станции Памятная (АТР) по мере вклада в минерализацию преобладали: гидрокарбонаты, сульфаты и нитраты, которые определяют величину и временное изменение минерализации. В ХСО Туруханска и Хужира (АТР) преобладали гидрокарбонаты и сульфаты, а их временной ход отличается значительными межгодовыми колебаниями и не позволяет однозначно охарактеризовать тренды изменений.

В химическом составе осадков (ХСО) в недельных пробах при величине рН, равной или меньше 5,0, преобладали сульфаты и нитраты. Равновесная кислотность (рН=5,6) или более высокие значения рН характерны для гидрокарбонатного типа осадков. Повышенные содержания гидрокарбонатов и сульфатов наблюдались в осадках горных районов. Влияние их сказывается, прежде всего, на величину рН, сильно снижая кислотность осадков при высоком содержании гидрокарбонатов. В среднем за 2007-2016 гг. на ЕТР содержание сульфатов составило 1,8 мг/л, гидрокарбонатов – 2,1 мг/л и соответственно 2,3 и 2,6 мг/л на АТР (рис. 1.3.2.2).

Следовательно, суммарное содержание сульфатов и гидрокарбонатов в осадках на АТР больше примерно на 20%, чем на ЕТР. Прибрежные станции характеризуются преобладанием сульфатов, затем хлоридов или нитратов. По средним за год значениям, максимальные концентрации сульфатов составили 4,92 мг/л (Приморская) и 5,2 мг/л (Памятная), нитратов – 3,32 мг/л (Усть-Вымь) и 3,9 мг/л (Приморская) и гидрокарбонатов – 9,2 мг/л (Шаджатмаз). Содержание хлоридов в осадках сохранялось на всех станциях в пределах 0,5-1,5 мг/л, достигая в отдельных случаях 2,02 мг/л (Памятная) и на побережье морей 3-3,5 мг/л (Терней).

Из катионов в осадках ЕТР преобладали ионы кальция, концентрация которых изменялась от 0,4 до 2,2 мг/л, далее следовали ионы натрия (0,2-1,5 мг/л) и калия (0,1-1,0 мг/л). В осадках АТР содержание натрия составило 0,1-1,7 мг/л, а кальция – 0,2-1,4 мг/л.

Кислотность атмосферных осадков. На рис. 1.3.2.3 представлены изменения среднегодовой величины рН за многолетний период. За период 2007-2016 гг. среднегодовые значения рН осадков изменялись в интервале от 5,6 до 6,3 на ЕТР, на АТР – 5,5-6,7, на горных станциях – 5,7-6,7 и на прибрежных – 5,2-6,0. В целом временной ход рН отличается значительными межгодовыми колебаниями и не позволяет однозначно оценить динамику изменений.

Выпадение веществ с осадками. В табл. 1.3.2.2 и на рис. 1.3.2.4 показаны средние за год выпадения веществ с атмосферными осадками (влажные выпадения Р) и ход изменения их со временем. По сравнению с 2015 г. годовая сумма осадков в 2016 г. снизилась на 20-30% в Усть-Выми, Памятной, Туруханске и Приморской и повысилась на остальных станциях примерно на ту же величину. По всем станциям, расположенным на ЕТР или АТР, величина суммарных влажных выпадений на ЕТР в 2 раза выше величины влажных выпадений на АТР. На всех станциях, за исключением Воронежского БЗ, сохранилось преобладание выпадений азота аммиачного над азотом нитратным в соотношении примерно от 1,2 до 2,8. Величина выпадения серы сульфатной примерно в 1,5 раза превышала величину выпадения суммарного азота на АТР и составила около половины от значения суммарного выпадения азота на ЕТР.

За период 2007-2016 гг. на ЕТР суммарное выпадение азота было в 1,2 раза выше выпадения серы. На АТР выпадение серы превышало выпадение суммарного азота в 1,3 раза. Максимальная величина суммарных влажных выпадений (Р) наблюдалась на горных и прибрежных станциях. Величина влажных выпадений определяется как суммой осадков, так

и содержанием основных ионов. На станции Шаджатмаз выпадения обусловлены более высоким содержанием гидрокарбонатов в ХСО, а на прибрежных станциях и в Кавказском БЗ – высоким количеством выпадающих осадков. На других станциях общее выпадение также определялось суммой осадков, но в меньшей степени, чем на прибрежных станциях и в Кавказском БЗ. За рассматриваемый период отмечается некоторая тенденция к уменьшению выпадений серы и азота в Усть-Выми.

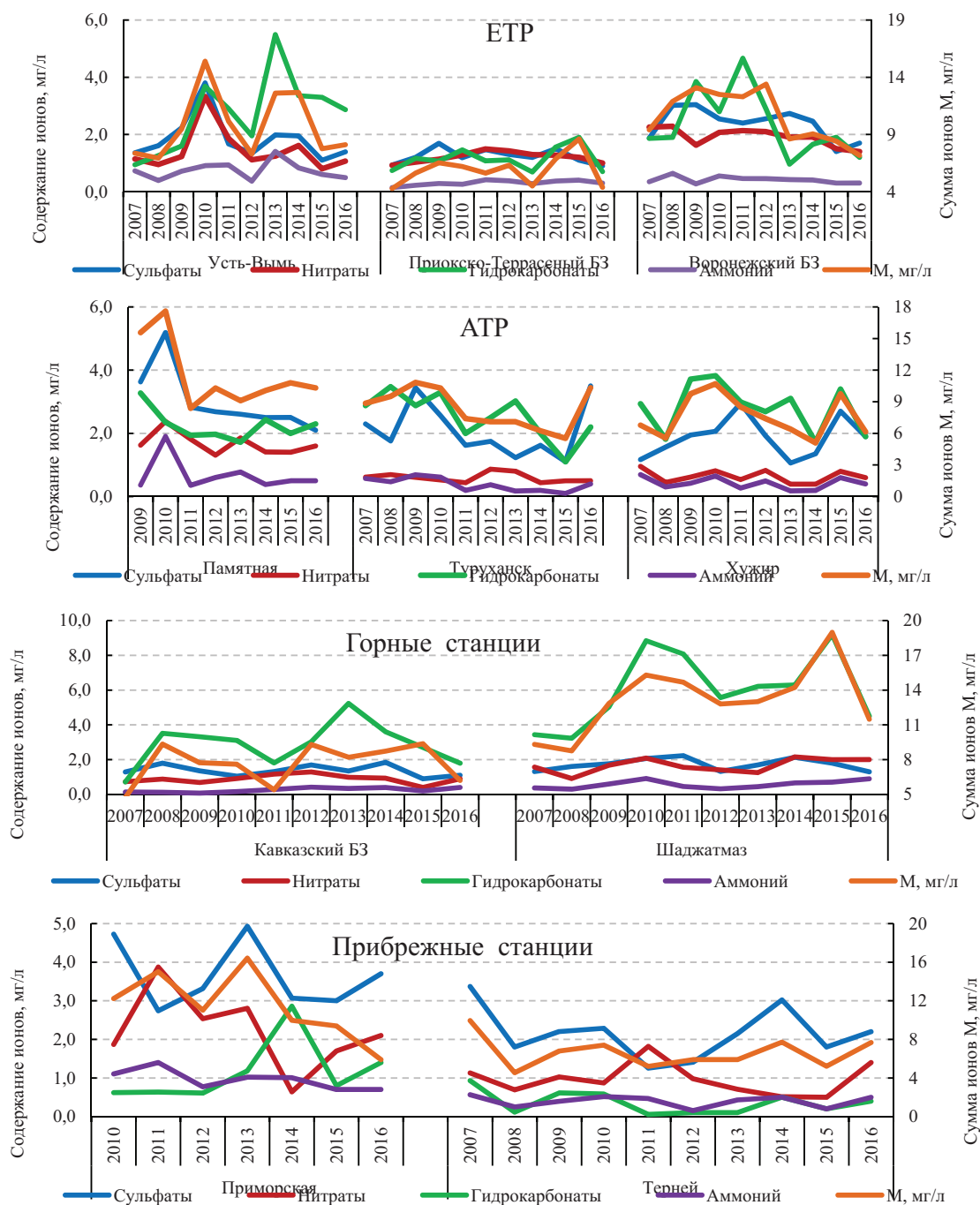


Рис. 1.3.2.2. Десятилетний ход содержания ионов и минерализации в осадках, 2007-2016 гг

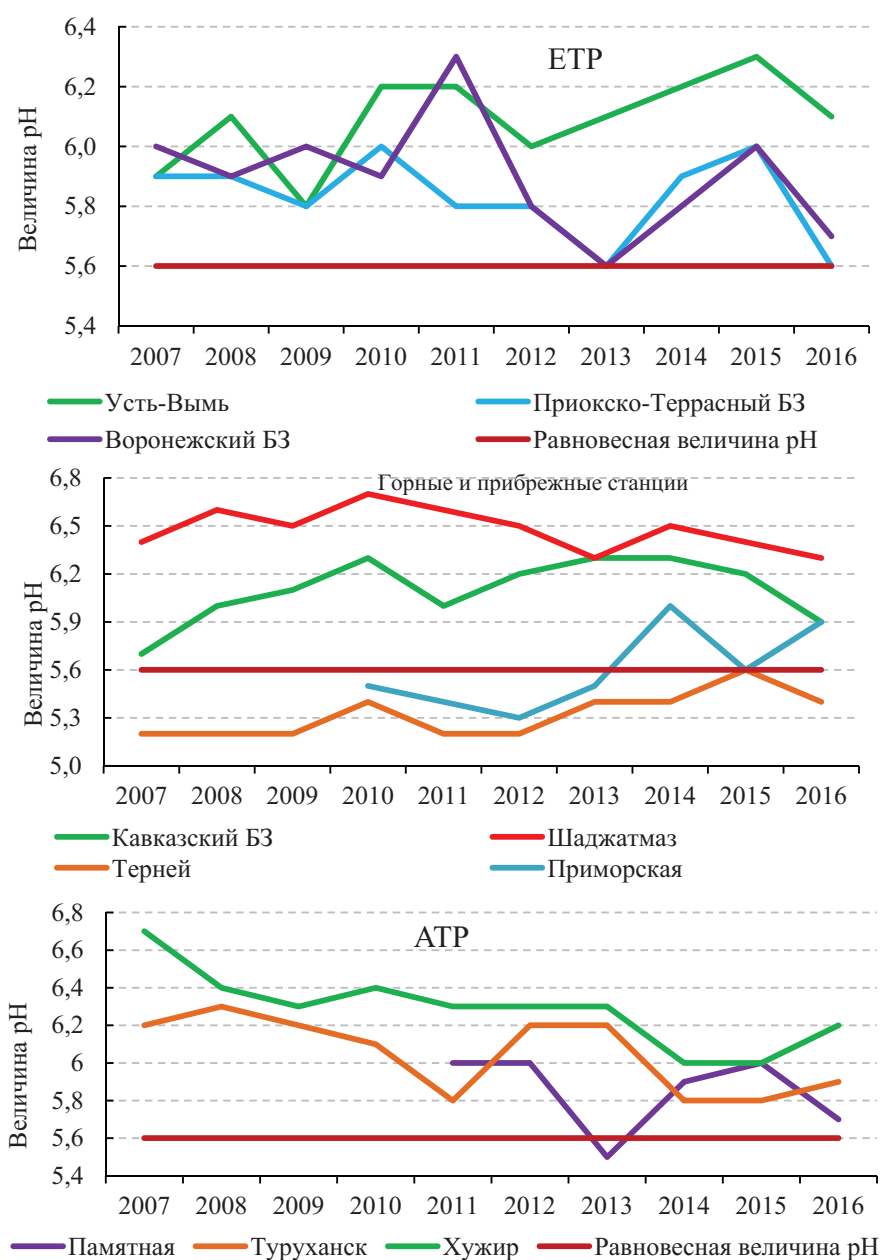


Рис. 1.3.2.3. Изменение со временем средней за год величины pH на станциях фонового мониторинга, 2007-2016 гг.

Таблица 1.3.2.2. Выпадение серы, азота и суммы ионов с осадками, 2016 г.

Станция	q, мм	S(SO ₄)	N(NO ₃)	N(NH ₄)	ΣN	P	N(H)/N(O)	S/ΣN
		т/км ² /год						
Усть-Вымь	545	0,25	0,14	0,21	0,35	4,41	1,56	0,73
Приокско-Тerrasный БЗ	795	0,24	0,18	0,19	0,37	3,50	1,03	0,65
Воронежский БЗ	701	0,40	0,22	0,16	0,39	5,05	0,74	1,03
Кавказский БЗ	2416	0,88	0,49	0,75	1,24	14,98	1,53	0,71
Шаджатмаз	669	0,29	0,30	0,47	0,77	7,69	1,55	0,37
Приморская	925	1,14	0,44	0,50	0,94	11,84	1,15	1,21
Памятная	412	0,29	0,15	0,16	0,31	4,24	1,08	0,93
Туруханск	485	0,56	0,05	0,15	0,21	5,00	2,75	2,74
Хужир	198	0,12	0,03	0,06	0,09	1,23	2,29	1,41
Терней	1004	0,73	0,32	0,39	0,71	7,73	1,23	1,04

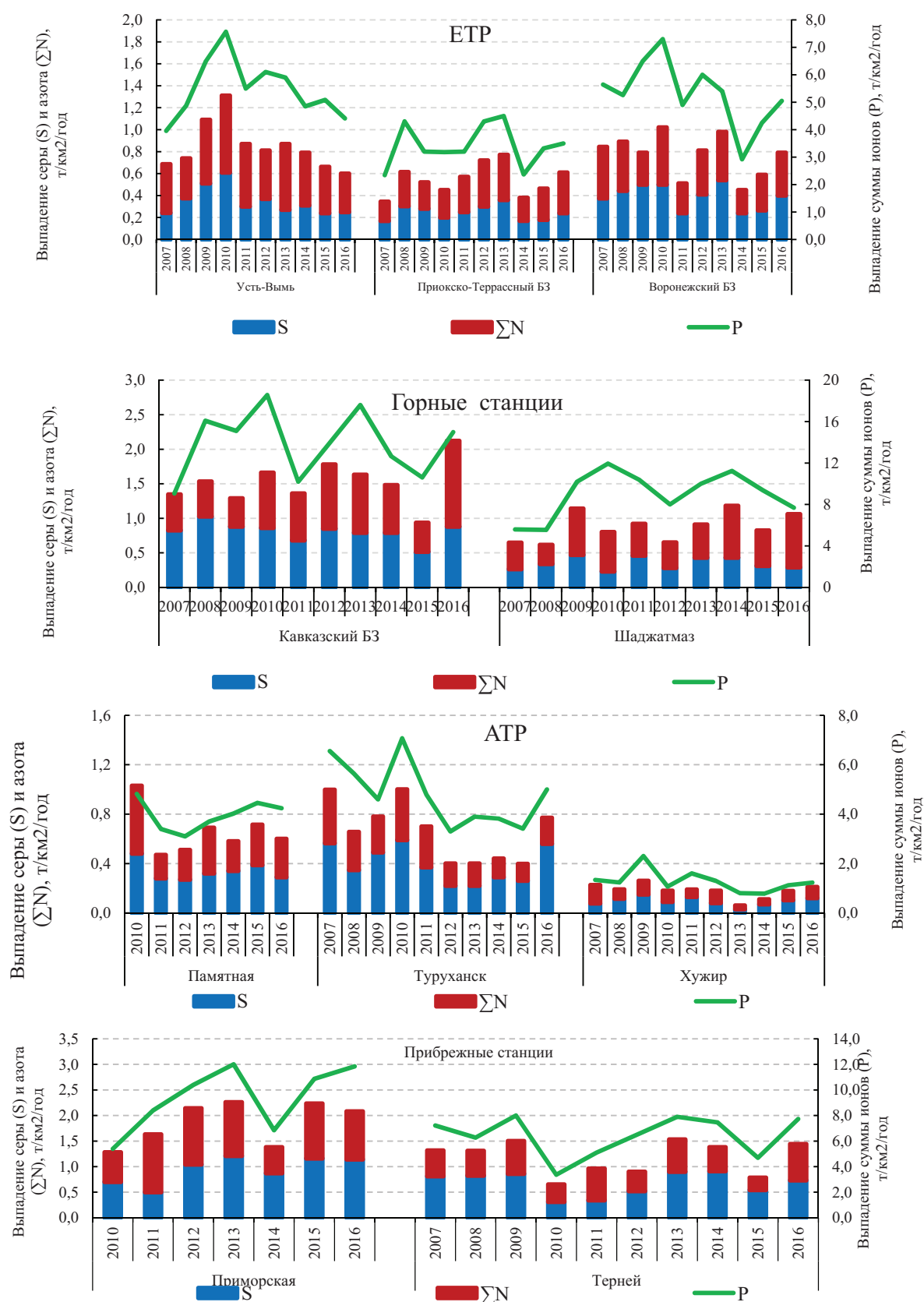


Рис. 1.3.2.4. Выпадение с осадками серы, азота и суммы ионов (P), 2007-2016 гг.

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

На территории России в рамках международной Сети мониторинга выпадения кислотных осадков в Восточной Азии (ЕАНЕТ) с 2000-2002 гг. постоянно работают 4 станции мониторинга: 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 2016 г. самое низкое содержание газовых примесей в воздухе наблюдалось на станции ЕАНЕТ Монды (рис. 1.4.1), при этом уровни концентрации аммиака были выше, чем для остальных газов как в среднем за год, так и в отдельные сезоны. Подобная картина наблюдается для большинства фоновых и региональных станций ЕАНЕТ других стран. Среднемесячные концентрации SO_2 на фоновом уровне (ст. Монды) в 2016 г. регистрировались на уровне 0.05-0.8 мкг/м³, за исключением декабря, когда среднемесячная концентрация составила 1.42 мкг/м³. Выраженного сезонного хода содержания диоксида серы в воздухе на станции Монды не наблюдалось. На станции Приморская в последние три года наблюдается снижение содержания азот- и серосодержащих веществ, при этом концентрации SO_2 в Приморье ниже, чем в районе озера Байкал. По данным последних лет в атмосфере Байкальского региона измеряются повышенные концентрации газообразного хлористого водорода, что требует более детального анализа с учетом наблюдений предыдущих лет.

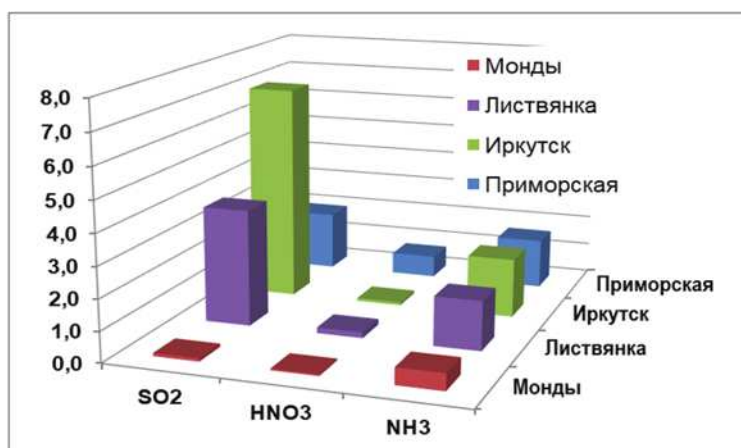


Рис. 1.4.1. Среднегодовое содержание газовых примесей в воздухе по данным измерений на станциях ЕАНЕТ в 2016 г. (мкг/м³)

За весь период наблюдения на всех станциях ЕАНЕТ наибольшие концентрации в составе взвешенных частиц в характерны для сульфатов – около 60% состава атмосферных аэрозолей по массе, при этом наиболее высокие значения практически всех ионов характерны для измерений в Приморском крае (рис. 1.4.2). В Байкальском регионе за семнадцать лет наблюдений содержание практически всех основных ионов в воздухе 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.

В годовом ходе аэрозолей сульфатов и нитратов на региональных станциях хорошо прослеживается максимум в зимний период. В целом, в 2016 г. среднесезонные концентрации в районе оз. Байкал были на уровне многолетних характерных значений или чуть ниже, а в Приморье продолжали снижаться после 2013 года, приблизившись к уровню предыдущих многолетних характерных значений.

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. (рис. 1.4.3). В Приморском крае в 2016 г. содержание в атмосфере аэрозолей серо- и азотсодержащих веществ понизилось в сравнении с 2013 годом за исключением диоксида серы, содержание которого растет последние два года и приблизилось к уровню 2013 года.

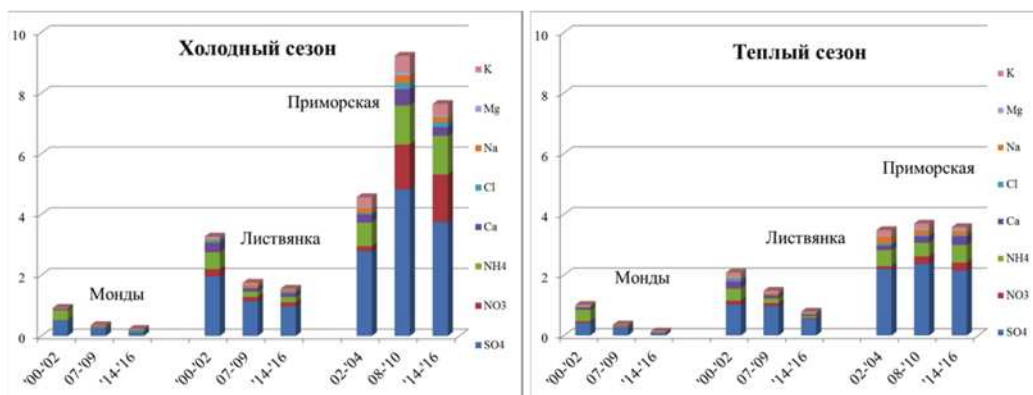


Рис. 1.4.2. Изменение среднего химического состава аэрозолей (мкг/м^3) на станциях ЕАНЕТ в холодный (слева) и теплый (справа) периоды по наблюдениям в 2000-2016 г.

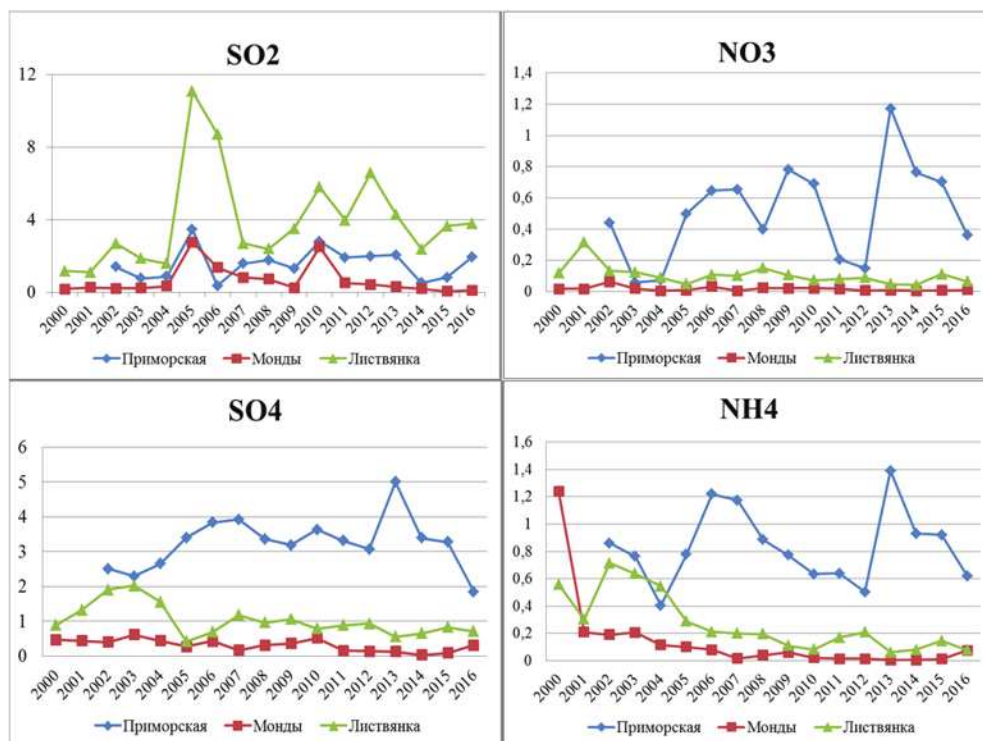


Рис. 1.4.3. Изменения средних годовых концентрации соединений серы (слева) и азота (справа) в воздухе на станциях ЕАНЕТ (мкг/м^3)

В 2016 г. сотрудниками Центра деятельности ЕАНЕТ были проведены работы по оценке средних уровней концентраций приземного озона в воздухе на фоновой станции Монды и региональной станции Листвянка, а также оценено долговременное изменение содержания озона на станции Монды за период наблюдения с 2000 по 2014 годы.

Согласно расчетам, содержание приземного озона на станции Монды статистически значимо убывает и за 15 лет уменьшилось более чем на 10 млрд^{-1} (частиц на миллиард) при среднем уровне около 40 млрд^{-1} . Концентрации на станции Листвянка регистрировались примерно на уровне значений для станции Монды, за исключением летних месяцев, когда содержание озона выше и вследствие влияния локальных условий достигает иногда

120 млрд⁻¹. На обеих станциях наблюдается выраженный годовой ход концентраций озона с максимумом в весенние месяцы и минимумом в осенние.

По наблюдениям за загрязнением осадков в 2016 г. на региональном уровне, как и ранее, для Дальнего Востока характерно более высокое содержание сульфатов и аммония в осадках в течение всего года. Сезонные изменения выпадений сульфатов определяется в основном годовым ходом осадков. Максимальные потоки сульфатов в 2016 г. отмечены в Приморье в мае (0,51 г/м²) и сентябре-ноябре (более 0,26 г/м² в месяц), а в холодный период 2015-2016 г. влажные выпадения сульфатов в целом составили 0,52 г/м² (менее 0,25 г/м² в месяц в декабре-марте), несмотря на относительно высокие концентрации их в осадках (рис. 1.4.4). В регионе Байкала внутригодовой ход выпадений выражен явно с максимумами в конце весны-лета практически для всех соединений, вместе с наибольшими суммами осадков в течение года (более 75% за апрель-август 2016 г.), что в целом соответствует картине прошлых лет наблюдений.

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.

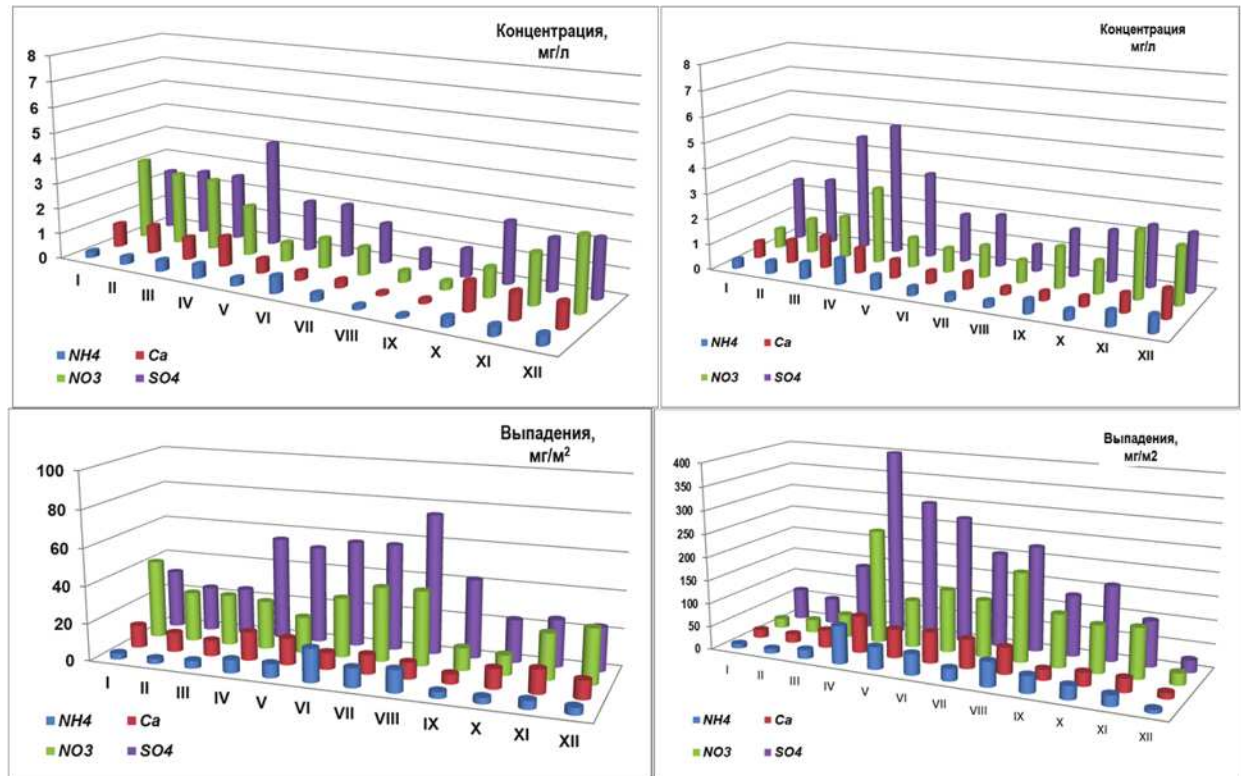


Рис. 1.4.4. Годовой ход концентраций (слева) и выпадений (справа) основных кислотообразующих ионов с осадками в регионе оз. Байкал (ст. Листвянка, верхний) и на Дальнем Востоке (ст. Приморская, нижний) в 2015 году.

Табл. 1.4.1. Сравнение суммарных выпадений серы и азота с осадками на станциях ЕАНЕТ в 2008-2016 г. и критических нагрузок, используемых в ЕМЕП, г/м²/год

Станция	Влажные выпадения (в единицах элемента) (в скобках - среднее за 9 лет)			Критические нагрузки (ЕМЕП)	
	S (SO4)	N (NO3)	N (NH4)	S _{CL}	N _{CL}
Листвянка	0,09-0,34 (0,22)	0,032-0,10 (0,073)	0,034-0,16 (0,096)	1,6-2,4	0,56-0,98
Монды	<0,01-0,051(0,030)	<0,001-0,022(0,015)	<0,001-0,04 (0,020)	0,32-0,64	< 0,28
Приморская	0,44-0,78 (0,61)	0,087-0,33 (0,23)	0,31-0,58 (0,40)	1,6-2,4	0,56-0,98

1.5. Выпадения серы и азота в результате 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) на территории Европейской части России с 1980-х годов действует сеть мониторинга трансграничного загрязнения атмосферы. Данные наблюдений по программе ЕМЕП представляют собой регулярные измерения содержания в воздухе и атмосферных осадках основных химических соединений, формирующих кислотность и ионный баланс выпадений. В 2016 г. наблюдения проводились 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). По результатам обработки годовых массивов данных оценены реальные величины атмосферных выпадений (нагрузок) серы и азота, в виде приоритетных кислотообразующих соединений, в районах размещения станций.

Кислотность атмосферных осадков определяется соотношением между анионами закисляющих соединений, образующимися из газообразных оксидов серы и азота в ходе химических реакций при переносе в атмосфере, и щелочными катионами, абсорбируемыми осадками в облачных слоях. На содержание ионов и их прекурсоров, скорость химических превращений, влияют как антропогенные, так и природные факторы, обеспечивая разную степень кислотности (изменение величины рН) выпадающих осадков в весьма широких пределах. Распределение повторяемости наблюдавшихся значений рН суточных осадков по характерным интервалам кислотности представлено в табл. 1.5.1. При полном отсутствии кислых осадков в 2016 г. на северо-западе ЕТР атмосферные выпадения в целом нейтральные, с наибольшей вероятностью значений рН от 6 до 7, в то время как в Центральной части ЕТР около 80% осадков имеет значения рН от 5 до 6.

Таблица 1.5.1. Распределение измеренных значений показателя кислотности (ед. рН) по диапазонам характера закисления атмосферных осадков в районах расположения российских станций ЕМЕП в 2016 г.

Станция (широта, гр. с.ш.)	рН, среднее	Доля проб в диапазоне рН, %				
		< 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	> 7
		кислые	слабо-кислые	природно-нейтральные	слабо-щелочные	
Янискоски, 69	5,59	0	1	42	57	0
Пинега, 65	5,86	0	1	35	64	0
Лесной, 56	5,33	0	11	78	11	0
Данки, 55	5,44	0	6	80	14	0

Сульфат-ион является доминирующим кислотным анионом среди составляющих ионного баланса атмосферных осадков для всех станций ЕМЕП, его вклад составляет 17-31%, однако вклады нитрат-иона и ионов аммония также довольно существенны – 7-15% и 10-22%, соответственно. Среднегодовая концентрация сульфатной серы в осадках в 2016 г. составляла 0,30 мг S/л на станции Янискоски, 0,45 мг S/л на станции Пинега, 0,27 мг S/л на станции Лесной заповедник, 0,37 мг S/л на станции Данки (в районе Приокско-Террасного биосферного заповедника). Характер пространственного распределения содержания нитратов в осадках практически совпадал с наблюдающимся в 2016 г. для сульфатов: наименьшее значение среднегодовой концентрации составило 0,14 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) 0,22 – 0,23 мг N/л, на станции Данки – 0,19 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.

Рассчитанные по средневзвешенным концентрациям и месячным суммам выпавших осадков величины влажных выпадений для районов станций составляли в 2016 г.: серы 0,23 – 0,35 г/м² в год и азота 0,28 – 0,45 г/м² в год. Для всех станций ЕМЕП количество влажных выпадений серы и азота в зимний период существенно ниже, чем в летний. Доля аммонийного азота составила около 60% от суммарного влажного выпадения азота. Поскольку поток влажных выпадений серы и азота (нитратного и аммонийного) на подстилающую поверхность определяется не только их содержанием в осадках, но и количеством последних, межгодовые вариации выпадений больше связаны с межгодовой изменчивостью сумм осадков. Вариации месячных и годовых величин могут составить десятки процентов от среднееголетних значений, что значительно больше изменений концентраций основных ионов в атмосферных осадках.

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, связанное с выбросами загрязняющих веществ в атмосферу и их динамикой в странах Европы, может привести к развитию процессов закисления или эвтрофикации в природных экосистемах. Идентификация роли фактора трансграничного переноса является важной задачей ЕМЕП, так как целями программы являются мониторинг состояния и изменений загрязнения атмосферы, подтверждение эффективности согласованных предпринятых природоохранных мер для улучшения качества окружающей среды в странах-участницах и в Европе в целом. 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 (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.

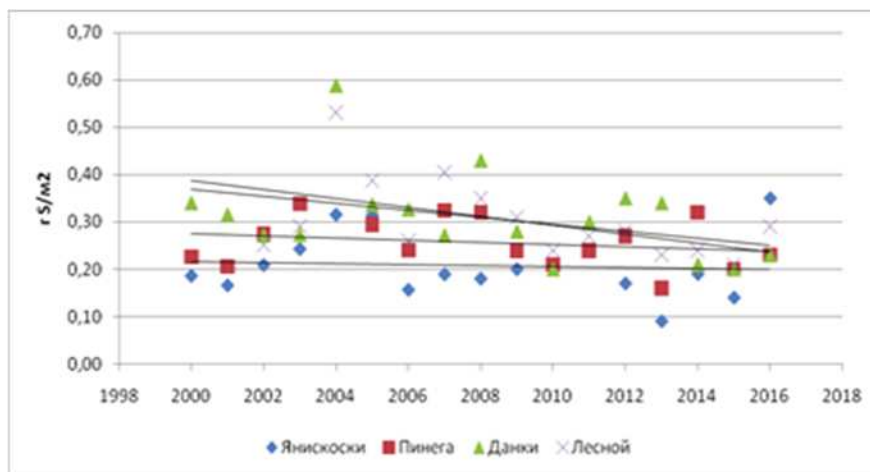


Рис. 1.5.1. Многолетние выпадения сульфатной серы из атмосферы с осадками на станциях ЕМЕП (г S/м²/год)

По результатам наблюдений среднее содержание оксидов серы и азота (газы и аэрозоли) в атмосферном воздухе в целом закономерно возрастает с севера ЕТР к центральным районам России. Уровни среднесуточных концентраций газов и аэрозолей на станциях ЕМЕП значительно ниже, чем принятые критерии 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 и аэрозольного сульфата на станции Данки в 2016 г. наблюдались в январе-марте (до 2,36 мкг/м³ и 2,08 мкг S/м³).

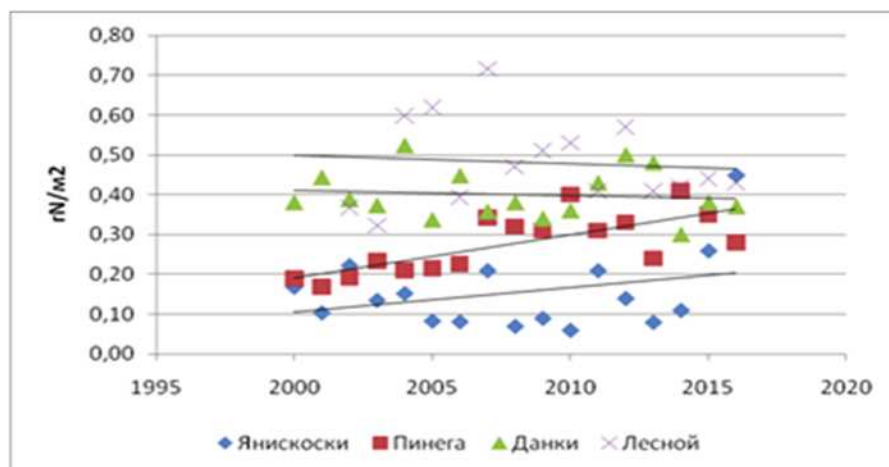


Рис. 1.5.2. Многолетние выпадения суммарного азота (нитратного и аммонийного) из атмосферы с осадками на станциях ЕМЕП (г N/м²/год)

Вклад сухих выпадений в общий поток всех химических соединений серы и азота из атмосферы по ранее выполненным оценкам составляет для российских станций ЕМЕП около 40% (от суммарных) для серы и около 10% для азота. Последнее является несколько заниженной оценкой, поскольку в настоящее время в программу наблюдений не включены измерения газообразной азотной кислоты, аммиака и газовых оксидов азота. Сравнение годовых влажных выпадений серы и суммарного азота с осадками в 2016 г. с ориентировочными уровнями критических нагрузок выпадений из атмосферы для разных географических районов с использованием методических рекомендаций ЕЭК ООН, позволяют сделать вывод, что выпадения окисленной серы уже существенно ниже критических нагрузок (табл. 1.5.2). 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 2016 г. и критических нагрузок серы и азота в районах расположения российских станций ЕМЕП

Станция	Суммарные выпадения и критические нагрузки для серы, г S/м ² /год		Суммарные выпадения и критические нагрузки для азота, г N/м ² /год	
	Выпадения	Нагрузки	Выпадения	Нагрузки
Янискоски	0,35	0,32-0,64	0,45	<0,28
Пинега	0,23	0,32-0,64	0,28	<0,28
Лесной	0,23	1,6-2,4	0,43	0,56-0,98
Данки	0,29	1,6-2,4	0,37	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.

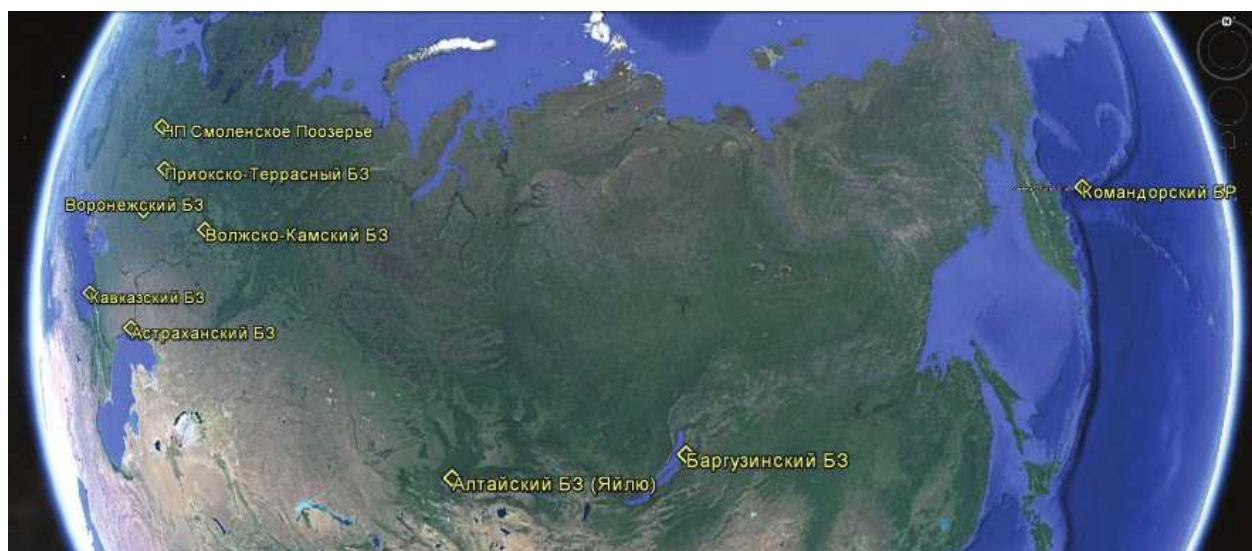


Рис. 2.1.1. Карта распределения станций КФМ на территории Российской Федерации

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.

Характеристика фоновых уровней загрязнения почв и растительности наземных экосистем приводится по результатам наблюдений, накопленных на период до 2015 г.

Фоновое содержание загрязняющих веществ в почвах

Согласно результатам мониторинговых наблюдений, проводимых на СКФМ в последние годы, современный уровень содержания в почвах валовых форм соединений приоритетных тяжелых металлов – свинца, кадмия и меди – в целом близок к их среднемировым кларкам, установленным А.П.Виноградовым и Д.П.Малюгой во второй половине XX века (табл. 2.1.1.). Сопоставляются с кларковыми величинами и диапазоны

варьирования содержания тяжелых металлов в почвах природных территорий, которые были зафиксированы за период 2005-2016 гг.

В санитарно-гигиеническом отношении в почвах СКФМ за весь период наблюдений не отмечалось превышения содержания тяжелых металлов сверх установленных нормативных величин ориентировочно допустимых концентраций (ОДК). Вместе с тем, концентрации загрязнителей, численно превышающее величину 0,5 ОДК, были sporadически зарегистрированы за последнее десятилетие в автоморфных 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). Полученные данные свидетельствуют о наличии значимого антропогенного прессинга на природные экосистемы Центрального федерального округа – промышленно развитого региона с повышенной плотностью населения. В целом, в почвах СКФМ, расположенных на Европейской части территории России, отмечается тренд к относительному повышению содержания валовых форм соединений свинца, кадмия и меди по сравнению со станциями фонового мониторинга, приуроченными к Азиатской части России (рис. 2.1.2).

Таблица 2.1.1. Средние величины содержания тяжелых металлов в почвах СКФМ за период 2013-2016 гг. и диапазоны значений показателей за период 2005-2016 гг.

Станция СКФМ	Опробованные почвы	Свинец, мг/кг		Кадмий, мг/кг		Медь, мг/кг	
		Диапазон	2013 г./ 2016 г.	Диапазон	2013 г./ 2016 г.	Диапазон	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	0,07-0,3	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	0,04-2,8	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 $pH_{KCl} < 5,5$ / близких к нейтральным и нейтральным почвам суглинистого и глинистого состава с $pH_{KCl} > 5,5$ соответственно

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

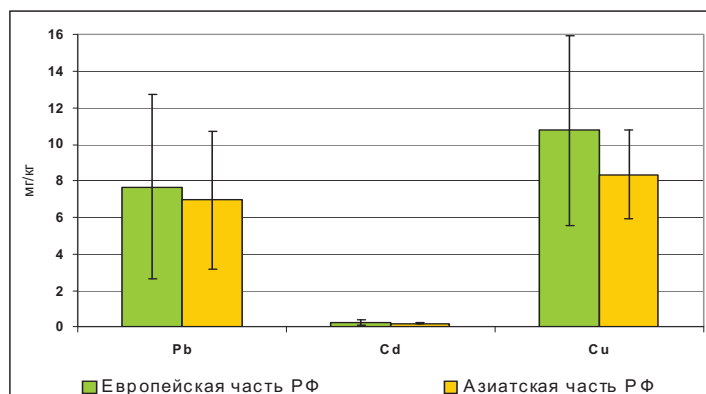


Рис. 2.1.2. Средние уровни содержания тяжелых металлов в почвах Европейской и Азиатской частей РФ за период наблюдений на СКФМ 2013-2016 гг.

В случае размещения станций фонового мониторинга в гористых ландшафтах можно предположить естественную литогенную природу обогащенности почв валовыми формами соединений тяжелых металлов, которая определяется наличием массивных интрузий магматических пород.

Экологическое состояние почв СКФМ по показателям содержания в них приоритетных органических загрязнителей характеризуется в основном как благополучное. Как правило, лишь следовые количества поллютантов, поступившие в наземные экосистемы особо охраняемых природных территорий вследствие глобального рассеяния, обнаруживаются в почвах СКФМ (табл. 2.1.2). Так, содержание наиболее типичного химического канцерогена органической природы – бенз(а)пирена – в почвах фоновых территорий, как правило, на один-два порядка меньше, чем величина ПДК. Лишь единично за весь период наблюдений на СКФМ в дерново-подзолистых почвах Воронежского БЗ отмечалось содержание бенз(а)пирена на уровне 0,9 ПДК, однако согласно последнему сроку опробования почв заповедника в настоящее время концентрации бенз(а)пирена находятся на уровне следовых количеств.

Таблица 2.1.2. Средние величины содержания органических загрязняющих веществ в почвах СКФМ за период 2013 -2016 гг. и диапазоны значений показателей за период 2005-2016 гг.

Станция КФМ	Опробованные почвы	Бенз(а)пирен, мкг/кг		сумма-ДДТ, мкг/кг		γ-ГХГЦ, мкг/кг	
		Диапазон	2013 г./ 2016 г.	Диапазон	2013 г./ 2016 г.	Диапазон	2013 г./ 2016 г.
Центральный федеральный округ							
НП Смоленское Поозерье	Дерново-подзолистые супесчаные	0,2-1,2	0,2	≤0,2-10,0	≤0,2	≤0,2-0,7	≤0,2
Приокско-Террасный БЗ	Дерново-подзолистые суглинистые	0,1-0,9	0,4	0,5-70,8	1,2	≤0,05-6,0	2,1
Воронежский БЗ	Дерново-подзолистые песчаные	0,1-18,1	0,09	0,5-77,9	28,0	≤0,05-4,5	3,2
Южный федеральный округ							
Кавказский БЗ	Горные бурые лесные	0,08-1,4	0,4	0,5-41,1	18,5	≤0,05-5,64	0,7
Астраханский БЗ	Аллювиальные луговые и лугово-болотные	0,08-0,45	0,4	0,3-25,1	22,3	≤0,05-13,2	0,5
Приволжский федеральный округ							
Волжско-Камский БЗ	Дерново-подзолистые суглинистые	0,1-0,3	0,1	0,5-71,4	23,3	≤0,2-4,5	2,8
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

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 автоморфных 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 запрещен к применению в России в 1990 г., в почвах СКФМ регистрируются значения, в 50 и более раз ниже установленных ПДК, которые близки к пределу лабораторного обнаружения. Это позволяет говорить о фактическом отсутствии загрязнения почв фоновых территорий γ-ГХЦГ в настоящее время.

Фоновое содержание загрязняющих веществ в растительности

Согласно данным фонового мониторинга состояния растительности в районах размещения СКФМ, проведенного в 2005-2016 гг., а также по данным последнего срока опробования содержание большинства тяжелых металлов и органических загрязнителей в фотосинтезирующих органах доминантных растений наземных экосистем находится в пределах интервалов колебаний характеристик природного фона (табл. 2.1.3 и 2.1.4).

Таблица 2.1.3. Средние концентрации тяжелых металлов в растительности СКФМ в 2013-2016 гг. и диапазоны значений показателей за период 2005-2016 гг.

Станция КФМ	Проба	Свинец, мг/кг		Кадмий, мг/кг		Медь, мг/кг		
		Диапазон	2013 г./ 2016 г.	Диапазон	2013 г./ 2016 г.	Диапазон	2013 г./ 2016 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	0,05-1,5	0,4	0,15-3,50	0,30	0,7-20,0	4,9	
	Разнотравье	0,51-1,5	0,3	0,16-0,71	0,49	1,9-9,0	2,3	
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	0,6	0,30-5,30	2,60	9,5-107,0	6,3	
	Ветла, листва		0,3		2,30		5,2	
	Тростник	0,68-17,0	0,3	0,40-6,70	0,37		3,3-98,0	7,8
	Ежевика		0,6		1,40			5,9
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 кедр	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	

- нет данных

В то же время, для ряда контролируемых параметров за последние 4 года наблюдений были отмечены максимальные значения. В частности, в 2013 г. на станции фонового мониторинга, расположенной в Приокско-Террасном БЗ, наблюдались наивысшие для многолетней динамики показатели содержания соединений кадмия в листве деревьев, а у-ГХГЦ – как в листве деревьев, так и в разнотравье напочвенного покрова; в Воронежском БЗ были отмечены максимумы содержания соединений свинца в моховом покрове и суммы ДДТ и его метаболитов в хвое сосны; в Кавказском БЗ – у-ГХГЦ в хвое и листве древесного яруса; в Алтайском БЗ (Яйлю) – бенз(а)пирена в травянистой растительности. Поскольку применение хлорсодержащих органических пестицидов групп ДДТ и ГХГЦ было в основном прекращено после 1990-х гг., то зафиксированное повышение их остаточных количеств в СКФМ может определяться спецификой биоклиматических особенностей вегетации в годы наблюдений, а также пространственной неоднородностью распределения поллютантов в растительном покрове.

Растительность мохового яруса древесных биогеоценозов, которая в силу отсутствия настоящих корней более других таксономических отделов растений может отражать уровни аэрогенного загрязнения наземных экосистем, характеризуется относительно повышенными величинами содержания свинца и суммы ДДТ и его метаболитов, в то время как для остальных контролируемых показателей относительное накопление может отмечаться как в растениях древесного, так и травянистого ярусов (рис. 2.1.3).

В целом, для отдельных показателей фонового загрязнения компонентов растительного покрова СКФМ веществами глобального рассеяния максимальные уровни содержания

соединений свинца (37,0 мг/кг) отмечаются в моховом покрове Волжско-Камского БЗ; кадмия (2,1 мг/кг) и меди (59,5 мг/кг) – соответственно в листе ясеня и в травостое ежевики Астраханского БЗ; бенз(а)пирена (0,4 мкг/кг) – в хвое сосны Воронежского БЗ; остаточных количеств ДДТ и его метаболитов (122 мкг/кг) – в растительности мохового яруса; 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 2013-2016 гг. и диапазоны значений показателей за период 2005-2016 гг.

Станция КФМ	Проба	Бенз(а)пирен, мкг/кг		сумма-ДДТ, мкг/кг		γ-ГХГЦ, мкг/кг	
		Диапазон	2013 г./ 2016 г.	Диапазон	2013 г./ 2016 г.	Диапазон	2013 г./ 2016 г.
Центральный федеральный округ							
НП Смоленское Поозерье*	Осина, листва	0,03-1,10	0,03	≤0,5-21,0	1,1	≤0,05-2,0	≤0,05
	Липа, листва		0,03		11,0		1,0
	Черника		0,13				
	Мох		0,14				
Приокско-Террасный БЗ	Береза, листва	0,05-0,19	0,36	0,5-58,7	3,7	≤0,05-3,2	1,7
	Разнотравье	0,16-0,19	0,16	0,5-51,0	34,4	≤0,05-3,8	3,8
Воронежский БЗ*	Хвоя сосны	0,40	0,40	2,0-37,3	37,3	0,05-2,4	2,4
	Разнотравье						
	Мох						
Южный федеральный округ							
Астраханский БЗ	Ясень, листва	0,12-0,30	0,36	0,77-78,7	18,7	0,3-2,6	1,1
	Ветла, листва		0,18		4,4		0,5
	Тростник	0,12-0,27	0,18	≤0,5-15,6	≤0,2	≤0,05-4,5	0,3
	Ежевика		0,36		18,3		10,3
Кавказский БЗ	Разнотравье	0,15-0,54	0,54	≤0,5-44,2	24,8	≤0,05-4,2	0,3
Приволжский федеральный округ							
Волжско-Камский БЗ*	Сосна, хвоя	0,21-0,28	0,25	1,0-23,0	12,0	2,7-5,4	4,0
	Разнотравье	0,07	0,07	3,0	3,0	2,0	2,0
	Мох	0,07-0,14	0,10	46-220	122,0	0,5-5,0	2,5
Сибирский федеральный округ							
Баргузинский БЗ*	Листва деревьев	0,02-0,60	0,25	3,4	3,4	1,5	1,5
	Хвоя кедра	0,24-0,60	0,35	13,0	13,0	3,4	3,4
	Мох	0,24-0,60	0,33			-	-
Алтайский БЗ (Яйлю)*	Разнотравье	0,14-0,30	0,30	0,5-37,2	7,8	≤0,05-2,6	1,3
Дальневосточный федеральный округ							
Командорский БР*	Рододендрон	-	0,10	-	51,4		-

* - нет данных

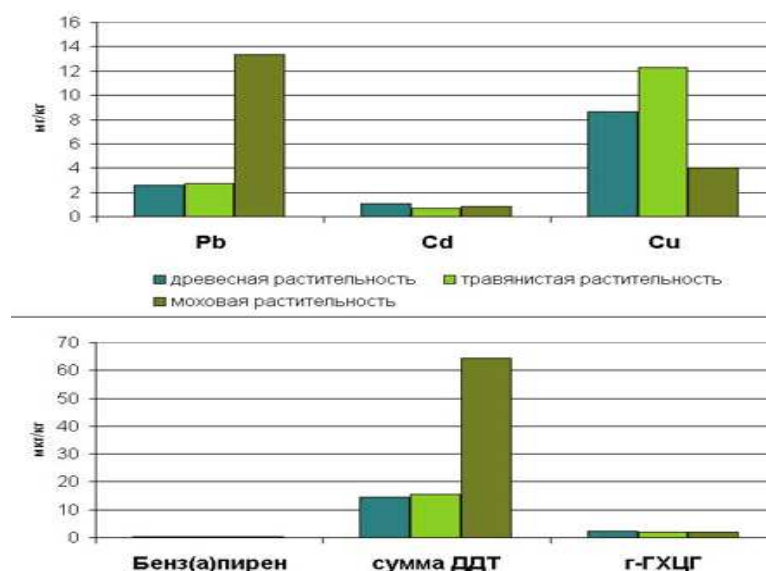


Рис. 2.1.3. Среднее содержание тяжелых металлов и органических загрязняющих веществ в растительности древесного, травянисто-кустарничкового и мохового ярусов (сравнительные данные для лесных экосистем СКФМ, в которых проводится одновременный пробоотбор растительности по всем ярусам)

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, 3 38 км с. Прокудское	Подзолистые	1998-2016	2,0-35,5	но [*] -3,5
Кемерово, д. Калинин ЮЮЗ 55 км от ГРЭС	Выщелоченный чернозём	1995-2016	6,2-88	но-3,5
г. Новокузнецк, пос. Сарбала ЮЮВ 32 км от ГРЭС	Подзолистые	1995-2016	3,8-25	но-9,5
г. Томск, с. Ярское Ю 43 км от ГРЭС-2		2001-2016	1,5-49	но-3,8
Иркутская область г. Зима в 2016 г. ССЗ 15 км, ЮВ 30 км г. Саянск в 2016 г. ЮЮВ 9 км, ВЮВ 16 км, ЗЮЗ 7,5 км	Серые лесные	2003, 2016	-	0,8-1,88
				0,8-1,45
Самарская область, Волжский район НПП «Самарская Лука», 3 30 км от г. Самара	Чернозёмы	2006-2016	1-47	но-6
Волжский район АГМС пос. Агрос, ЮЗ 20 км от г. Самара		2006-2016	3-36	но-8
Свердловская область п. Мариинск ЮЗ 54 км, от г. Екатеринбург	Подзолистые	1999-2016	0,2-13	<0,2-28

^{*} но - не обнаружено

В 2016 и в 2009 годах были установлены фоновые значения массовых долей кислоторастворимых форм меди, цинка, никеля, свинца и кадмия для участков серой лесной почвы, расположенных в 25 км к юго-западу и в 20 км к северо-востоку от г. Уфа и для участка чернозёма выщелоченного, находящегося в 23 км к северу от г. Стерлитамак Республики Башкортостан, которые изменялись в серой лесной почве от 20 до 28, от 64 до 88, от 59 до 97, от 10 до 13 и от 0,0 до 0,3 мг/кг, в чернозёме выщелоченном – от 17 до 23, от 77 до 78, от 46 до 110, от 14 до 15 и от 0,0 до 0,3 мг/кг соответственно.

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.

Фоновые значения массовых долей кислоторастворимых форм никеля в подзолистых почвах для городов Новосибирск и Томск, исследованных в 1995-2016 годах, изменялись соответственно от 5,5 до 32 мг/кг и от 0,45 до 25 мг/кг.

В фоновой пробе почвы, отобранной в 2016 году в 13 км на юг от г. Нижний Тагил Свердловской области, массовые доли кислоторастворимых и подвижных форм хрома составили соответственно 43 и 1,0 мг/кг, свинца – 28 и 5,0 мг/кг, марганца – 935 и 112 мг/кг,

никеля – 37 и 1,8 мг/кг, цинка – 94 и 16 мг/кг, меди – 69 и 3,7 мг/кг, кобальта – 19 и 0,9 мг/кг, кадмия – 1,1 и 0,4 мг/кг, ртути по валу – 0,06 мг/кг, нитратов – 3,1 мг/кг.

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

Место наблюдений	Тип почв	Год наблюдений	Co	Mn	Ni	Hg
Верхнее Поволжье, Нижегородская обл. г.о. Дзержинск, п. Северный	Дерново-подзолистые	2016	<5-5	63-76	<10	<0,02
Дивеевский район с. Суворово			7-12	529-1248	20-33	<0,02
п. Цыгановка			9-11	786-840	26-31	<0,02
с. Елизарьево			8-9	574-793	27-30	<0,02
Республика Мордовия г. Саранск В, З, от 20 до 25 км	Чернозёмы	2015-2016	5-18	381-692	15-42	0,02-0,04
Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола 20-23 км по 6 разным направлениям		2013-2016	<5-16	77-1546	<10-58	<0,02-0,07
Иркутская область, г. Зима в 2016 г. ССЗ 15 км, ЮВ 30 км	Серые лесные	2003, 2016	9-129	203-860	17-37	но-0,096
г. Саянск в 2016 г. ЮЮВ 9 км, ВЮВ 16 км, ЗЮЗ 7,5 км			6,5-74	244-750	11-38	0,020-0,083
Приморский край г. Дальнегорск в 2016 г. ЮЗ 50 км	Бурая лесная	2007, 2016	6-9	980-1090	10-12	0,071
с. Рудная Пристань в 2016 г. ЗСЗ 5 км	Бурая луговая		6-9	511-980	12-20	0,057
Республика Татарстан, г. Казань СЗ 20 км	Дерново-подзолистые	2008-2016	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, п. Мариинск ЮЗ 54 км, от г. Екатеринбург	Подзолистые	1999-2016	4-44	77-3110	10-181	0,01-0,20

Фоновые массовые доли металлов, НП и сульфатов в чернозёмных почвах Волжского района Самарской области, установленные в 2006-2016 годах, представлены в табл. 2.2.3.

Таблица 2.2.3. Массовые доли металлов, НП и сульфатов, мг/кг, в почвах Волжского района Самарской области за 2006-2016 годы

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	11-118	0,2-2,8	920-3446	9-175	но-456
АГМС пос. Агрос ЮЗ 20 км от г. Самара	1-17	175-778	9-103	31-271	8-55	0,1-2,5	1020-6850	12-98	но-192

Значение фоновой массовой доли обменных сульфатов в бурых лесных почвах Приморского края в районе городов Дальнегорск и Рудная Пристань находится в интервале от 5,9 до 10,8 мг/кг. В серых лесных почвах Иркутской области по результатам наблюдений 2016 года значения массовой доли сульфатов на расстоянии 30 км на юго-восток и на расстоянии 15 км на северо-северо-восток от г. Зима составляют 9 и 48 мг/кг соответственно, на расстоянии 7,5 км на запад-юго-запад, 9 км на юго-юго-восток и 16 км на восток-юго-восток от г. Саянск содержание сульфатов составляет соответственно 46, 107 и 31 мг/кг.

Массовые доли валовых и/или 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.

На территории Верхнего Поволжья в 2016 году определялось фоновое содержание ТМ в дерново-подзолистых почвах Нижегородской области, в выщелоченных чернозёмах окрестностей г. Саранск Республики Мордовия и г. Йошкар-Ола Республики Марий Эл.

В Нижегородской области в почвах п. Северный (фоновый район для г.о. Дзержинск) и Дивеевского района (с. Суворово, п. Цыгановка, с. Елизарьево) массовые доли валовой формы железа изменялись соответственно от 479 до 2344 мг/кг и от 3405 до 10500 мг/кг, магния – от 107 до 684 мг/кг и от 361 до 1427 мг/кг, хрома – от 0 до < 10 мг/кг и от 36 до 43 мг/кг. В почвах на расстоянии от 20 до 25 км в восточном направлении от г. Саранск

валовое содержание железа варьирует от 4965 до 6512 мг/кг, магния – от 511 до 609 мг/кг, хрома – от < 10 до 10 мг/кг. На расстоянии от 20 до 23 км по разным направлениям от г. Йошкар-Ола валовая массовая доля железа в почве находится в пределах от 567 до 17890 мг/кг, магния – от < 60 до 1388 мг/кг, хрома – от <10 до 55 мг/кг.

В 2016 году на территории Верхнего Поволжья проводилось также измерение массовых долей подвижных форм металлов в отобранных пробах почв. В почвах п. Северный массовые доли цинка не превышали 1,0 мг/кг, содержание никеля менее 1,0 мг/кг, свинца – 0,4 мг/кг, кадмия – 0,1 мг/кг. В Дивеевском районе массовые доли подвижных форм меди в почвах варьировали от < 0,1 до 0,2 мг/кг, цинка – от < 1,0 до 11,9 мг/кг, свинца – от 0,4 до 1,7 мг/кг, кадмия – от < 0,1 до 0,3 мг/кг, содержание никеля менее 1,0 мг/кг.

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

Место наблюдений	Тип почв	Год наблюдений	Cd	Cu	Pb	Zn	НП (БП)
Верхнее Поволжье, Нижегородская обл., Дивеевский район, с. Суворово	Дерново-подзолистые	2016	<0,5	12-18	<20	46-73	84-570
п. Цыгановка			<0,5	13-14	<20	46-51	52-86
с. Елизарьево			<0,5	14	<20	47-48	32-340
Республика Мордовия, г. Саранск 3В от 20 до 25 км	Чернозёмы	2015-2016	<0,5-1,3	<0,1-24	<20-20	<0,1-310	90-470
Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола от 20 до 23 км по 6 разным направлениям		2013-2016	<0,5-6,0	<5-54	<20-39	<10-83	25-207
Западная Сибирь, г. Новосибирск 3 38 км с. Прокудское	Подзолистые	1998-2016	но-3,0	3-30	1,6-40	5-47	9-264
г. Кемерово, д. Калинин ЮЮЗ 55 км от ГРЭС	Серые лесные	1995-2016	но-6,3	4-41	5-31	18-169	6-110
г. Новокузнецк, пос. Сарбала ЮЮВ 32 км от ГРЭС	Подзолистые	1995-2016	<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	2001-2016	но-0,26	2-20	4,1-27	22-200	20-160
Иркутская область, г. Зима в 2016 г. ССЗ 15 км, ЮВ 30 км	Серые лесные	2003, 2016	но-1,36	14-26	16-80	12-72	40-550 по области
г. Саянск в 2016 г. ЮЮВ 9 км, ВЮВ 16 км, ЗЮЗ 7,5 км			но-1,58	14-46	но-88	12-59	
Приморский край г. Дальнегорск в 2016 г. ЮЗ 50 км	Бурая лесная	2007, 2016	но-0,53	4,6-30	22-67	100-106	<0,005
с. Рудная Пристань в 2016 г. ЗСЗ 5 км	Бурая луговая		но-0,93	10-14	32-92	106-132	
Республика Татарстан г. Казань СЗ 20 км	Дерново-подзолистые	2008-2016	но-0,5	2,5-11	4-18	10-180	50-96
г. Нижнекамск, г. Набережные Челны, Национальный парк «Нижняя Кама»		2008-2016	но-0,96	5-28	4-22	17-70	36-150
Свердловская область, п. Мариинск ЮЗ 54 км, от г. Екатеринбург	Подзолистые	1999-2016	0,5-2,2	13-368	7,0-137	44-201	-

В исследуемых почвах фоновых районов г. Саранск содержание подвижных форм цинка менее 1,0 мг/кг, свинца – 0,4 мг/кг, кадмия – 0,1 мг/кг, массовые доли никеля изменялись от < 1,0 до 1,1 мг/кг, меди – от < 0,1 до 0,2 мг/кг. В фоновом районе г. Йошкар-Ола массовые доли подвижных форм меди в почвах ниже 0,1 мг/кг, никеля ниже 1,0 мг/кг, содержание подвижных форм цинка варьировали от < 1,0 до 1,5 мг/кг, свинца – от < 0,4 до 0,5 мг/кг, кадмия – от < 0,1 до 0,9 мг/кг.

Результаты наблюдений, проведенные с 1999 по 2016 год в районе п. Мариинск Свердловской области, показали, что в дерново-подзолистых почвах фоновые массовые доли подвижных форм хрома изменялись от 0,5 до 1,9 мг/кг, свинца – от 1,2 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 мг/кг, кадмия – от <0,01 до 1,12 мг/кг, содержание кислоторастворимых форм хрома – от 18 до 110 мг/кг.

Фоновые значения содержания подвижных форм цинка и марганца в бурой лесной почве на расстоянии 50 км на юго-запад от г. Дальнегорск Приморского края составляли 0,92 и 2,11 мг/кг, водорастворимых форм – 0,18 и 0,25 мг/кг соответственно. Массовые доли подвижных и водорастворимых форм свинца, меди, кадмия, никеля не были установлены.

В пробе, отобранной на бурой луговой почве в 5 км на запад-северо-запад от с. Рудная Пристань Приморского края, массовая доля подвижных форм свинца составила 7,4 мг/кг, меди – 0,43 мг/кг, цинка – 18,6 мг/кг, марганца – 63 мг/кг, массовая доля водорастворимых форм цинка – 0,10 мг/кг, марганца – 0,26 мг/кг. В почве ниже предела обнаружения находилось содержание подвижных форм никеля и кадмия, а также водорастворимых форм свинца, меди, никеля и кадмия.

В табл. 2.2.4 не включены фоновые значения массовых долей ТМ в пробе почвы, отобранной в точке Московской области с координатами 55° 26' 39" с.ш., 38° 19' 52,6" в.д. Фоновое содержание кислоторастворимых форм свинца в изучаемой дерново-подзолистой почве составило 11 мг/кг, цинка – 22 мг/кг, кадмия – 0,8 мг/кг, меди – 9 мг/кг, кобальта – 5,5 мг/кг, никеля – 8,5 мг/кг, хрома – 20 мг/кг, марганца – 250 мг/кг, железа – 6500 мг/кг.

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 состояния хвойных древостоев методом Международной совместной программы комплексного мониторинга

В работе представлены данные, полученные в ходе систематических наблюдений, проводимых в рамках Международной совместной программы комплексного мониторинга (МСП КМ) / International Cooperative Programme on Integrated Monitoring (ICP IM) под эгидой Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния в Европе. Мониторинг состояния древостоев Европейской территории России методами МСП КМ осуществляется силами ФГБУ «Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН» с 1986 года.

Основными целями МСП КМ являются:

- осуществление мониторинга состояния экосистем и выявление связи их состояния с факторами окружающей среды с целью обеспечения научных основ для контроля выбросов загрязняющих веществ;
- построение имитационных моделей экосистем, оценка и прогноз изменений состояния экосистем под воздействием меняющегося уровня загрязнения среды;
- выявление антропогенных трендов состояния экосистем.

Также в задачи программы входит формирование непрерывных временных рядов различных экологических переменных, данные такого типа могут быть использованы для моделирования.

Мониторинг состоянием экосистем осуществляется путем изучения биотических и абиотических параметров экосистем. К биотическим показателям относятся различные биоиндикаторы. Определение состояния биоиндикаторов необходимо, так как именно живые организмы дают интегрированный отклик на изменения среды обитания. Осуществление мониторинга биологических показателей позволяет выявить зависимости «воздействие-отклик» в экосистемах, что особенно актуально при фиксации климатических изменений и трансграничного переноса загрязнителей.

В ходе выполнения подпрограммы «Повреждение лесов» (FD) проводилась оценка состояния хвойных древостоев на Европейской территории России, в Центрально-Лесном государственном природном заповеднике (RU13), Приокско-Тerrasном государственном природном заповеднике (RU04) и на территории государственного природного заказника регионального значения «Полярный круг» (RU16). Мониторинг осуществлялся на 2-х постоянных пробных площадях в границах каждой особо охраняемой природной территории (ООПТ). Исследования проводились в древостоях ели европейской (*Picea abies* L.) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), измерялись следующие параметры: диаметр ствола на высоте груди, высота дерева, длина и ширина кроны, видимость кроны, механические повреждения, дефолиация и депигментация. Согласно методике, оценка состояния древостоев проводится по параметрам дефолиации (DF) и депигментации (DP). Результаты наблюдений за древостоями представлены на Рис. 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3

Для зависимостей дефолиации и депигментации хвои были рассчитаны линейные коэффициенты корреляции r-Пирсона. Достоверные корреляции приведены в табл. 2.3.1.

Как показано в табл. 2.3.1, для территорий RU04 и RU16 дефолиация и депигментация кроны изменяются синхронно. То есть межгодовые изменения дефолиации у сосны и ели сопровождаются изменением депигментации того же направления.

На территории заказника «Полярный круг» также синхронно изменяются показатели обоих древостоев, что показано на рис. 2.3.1. Это подтверждается значимыми коэффициентами корреляции (Коэффициент корреляции для депигментации сосны и ели составляет 0,86, а для дефолиации – более 0,9). Таким образом, на побережье Белого моря сосна и ель сходно реагируют на изменения окружающей среды.

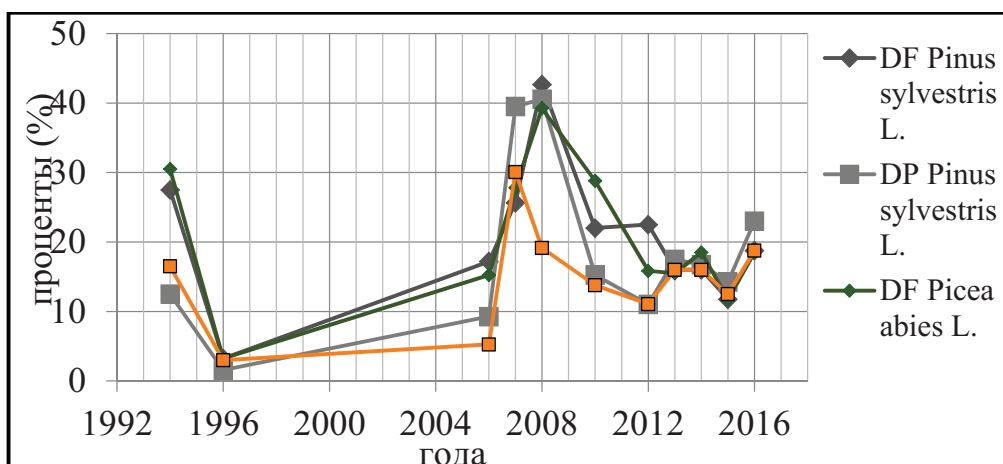


Рис.2.3.1 Изменчивость параметров *Picea abies* L. и *Pinus sylvestris* L. на территории государственного природного заказника регионального значения «Полярный круг»

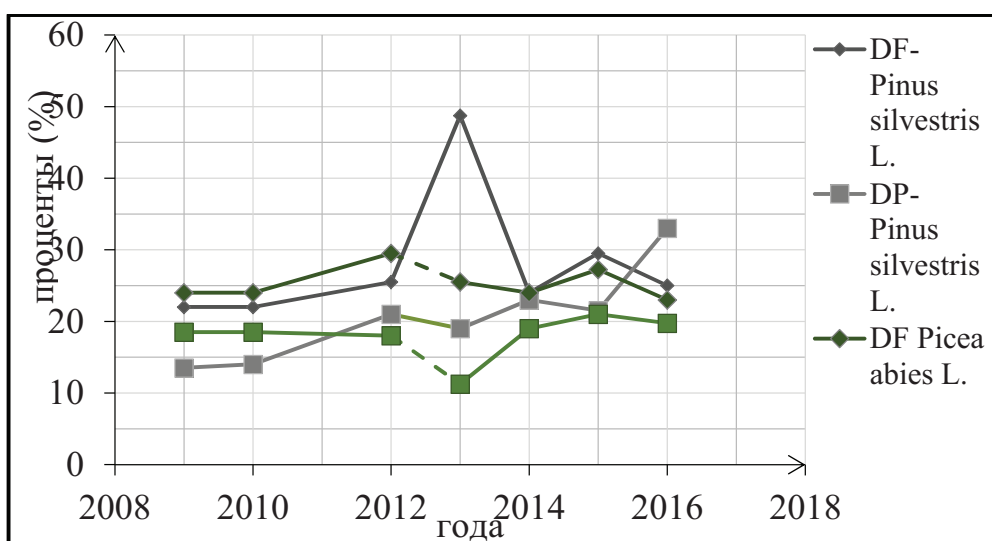


Рис. 2.3.2 Изменчивость параметров *Picea abies* L. и *Pinus sylvestris* L. на территории Центрально-Лесного государственного природного заповедника

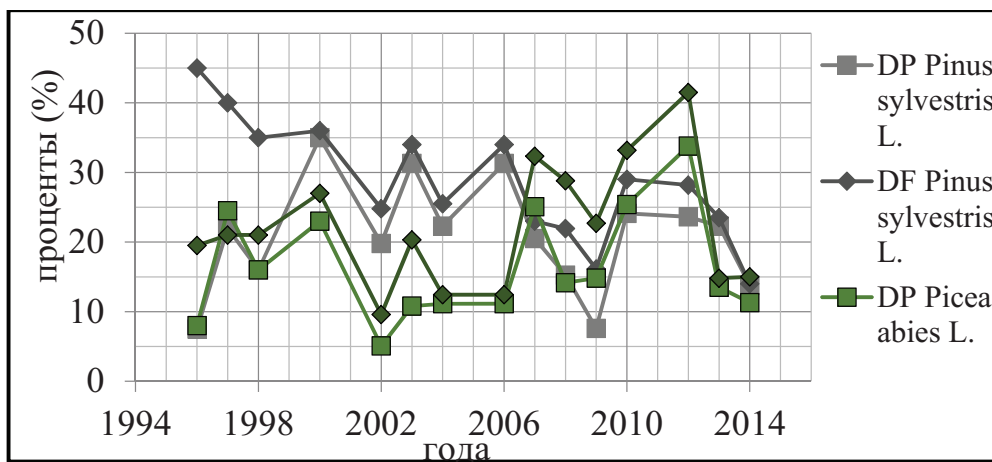


Рис. 2.3.3 Изменчивость параметров *Picea abies* L. и *Pinus sylvestris* L. Приокско-Тerrasного государственного природного заповедника

Таблица 2.3.1. Значимые коэффициенты корреляции г-Пирсона рядов дефолиации и депигментации для древостоев ели европейской и сосны обыкновенной

Коэффициенты корреляции ($p = 0.05$)			
RU04		RU16	
R(DF&DP)	R(DF&DP)	R(DF&DP)	R(DF&DP)
<i>Picea abies</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Picea abies</i>	<i>Pinus sylvestris</i>
0,861	0,698	0,649	0,748

Для рядов данных дефолиации и депигментации древостоев станции RU13 достоверных корреляций выявлено не было. Очевидно, это связано как с недостаточной длиной рядов данных (выполнение FD началось 8 лет назад), так и с особенностями территории исследования. Так, одна из пробных площадей располагается на обширных болотах, обладающих специфическими микроклиматом и эдафическими условиями.

Данные изменения происходят синхронно и однонаправлено у сосны и ели на севере ЕТР и разнонаправлено на территории центральной России. Полученный результат свидетельствует об определяющей роли локальных экологических условий в развитии древостоев и необходимости дальнейших исследований.

3. ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ

3.1. Фоновые уровни загрязняющих веществ по данным сети СКФМ

Тяжелые металлы

В 2016 году фоновое содержание ртути, свинца, кадмия в поверхностных водах большинства фоновых районов России соответствовало интервалам величин, наблюдаемых в последние годы, и составило для ртути 0,05 - 1,2 мкг/л, свинца 0,5 - 2,1 мкг/л, кадмия 0,01 - 0,7 мкг/л (за исключением Астраханского БЗ, где концентрации кадмия и ртути стабильно высоки). На Азиатской территории России фоновые концентрации тяжелых металлов, как правило, ниже, чем на ЕТР (табл. 3.1.1).

Пестициды и ПАУ

В 2016 году концентрации суммы изомеров ДДТ в поверхностных водах большинства фоновых территорий (за исключением Воронежского БЗ), на которых проводятся регулярные измерения, колебались внутри диапазона измерений прошлых лет и не превышали 150 нг/л. Концентрации γ -ГХЦГ в большей части проб также не превысили 150 нг/л.

В Воронежском БЗ за последние два года содержание ДДТ в поверхностных резко увеличилось. Отсутствие заметного течения на реке и характер ее питания в летний период времени (в основном, обусловленный стоком дождевых вод) свидетельствуют о наиболее вероятном ее загрязнении за счет выпадающих атмосферных осадков. При этом зафиксированный в этот период уровень концентрации ДДТ в речной воде является крайне высоким (почти 33000 нг/л) и недопустимым для условий жизни водных организмов и рыбы.

Содержание бенз(а)пирена и бензперилена в поверхностных водах заповедников, как и в прошлые годы, составило от 0,5 до 1,3 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	2016 г	Диапазон	2016 г	Диапазон	2016 г
Кавказский БЗ	1982-2016	0,2-16,0	0,475	0,01-2,5	0,013	0,03-1,4	0,508
Приокско-Тerrasный БЗ	1987-2016	нпо-39,4	0,492	0,03-3,5	0,066	0,03-8,7	0,314
Баргузинский БЗ	1982-2008	0,2-7,4	1,7*	0,01-1,5	0,09*	0,01-9,7	1,03*
Астраханский БЗ	1988-2016	0,16-128,0	0,713	0,1-5,5	2,027	0,022-74	1,118
Воронежский БЗ	1990-2016	0,34-50	0,803	0,01-4,6	0,017	0,003-1,0	0,123
Яйлю	2002-2016	0,01-3,6	0,545	0,01-0,7	0,0236	0,01-0,097	0,0540
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*

Таблица 3.1.1. (Окончание) Фоновое загрязнение поверхностных вод по данным сети КФМ

Заповедник	Период наблюдений	Бенз(а)пирен, нг/л		сумма-ДДТ, нг/л		γ-ГХГЦ, нг/л	
		Диапазон	2016 г	Диапазон	2016 г	Диапазон	2016 г
Кавказский БЗ	1982-2016	0,05-8,9	0,900	нпо-370	147,967	нпо-188,4	10,967
Приокско-Тerrasный БЗ	1987-2016	0,05-12,9	0,771	нпо-215,2	86,083	нпо-129,3	35,325
Баргузинский БЗ	1982-2008	0,05-16,3	1,0*	1,6-112,5	17,57*	нпо-86,6	38,74*
Астраханский БЗ	1988-2016	нпо-11,7	0,889	нпо-328	91,106	нпо-92	8,472
Воронежский БЗ	1990-2016	0,05-5,6	0,863	нпо-32628	8320	нпо-151,6	151,6
Яйлю	2002-2016	0,2-3,6	1,323	нпо-311,24	80,629	нпо-258,8	6,750
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

В течение большинства наблюдаемых лет вода р. Ворона в черте г. Уварово характеризовалась как «слабо загрязнённая», в отдельные годы как «условно чистая». В 2016 г. качество воды реки оставалось на уровне 2-го класса качества («слабо загрязненная»). В последние два года (2015 г. и 2016 г.) наблюдается тенденция незначительного ухудшения качества воды реки в этом створе. В 2016 г. возросла повторяемость случаев превышения ПДК аммонийным и нитритным ам азотом от 14 % и 0 % до 43 % и 29 %; снизилась соединениями железа от 57 % до 0 %. Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ были в основном ниже ПДК, за исключением аммонийного азота, среднегодовая концентрация которого не значительно превышала ПДК (рис. 3.2.1) максимальная достигала 2 ПДК.

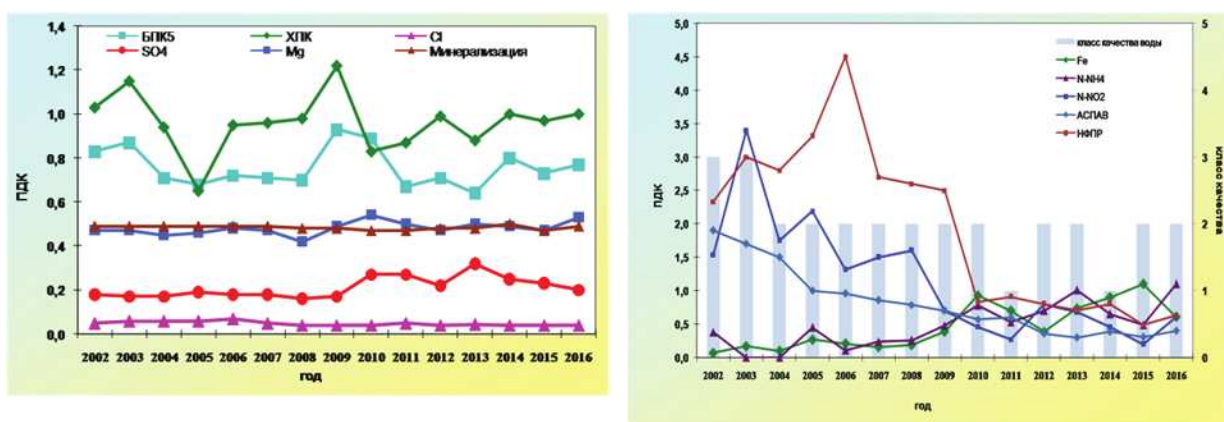


Рис. 3.2.1 Изменение среднегодовых концентраций основных ингредиентов и качество воды р. Ворона в черте г. Уварово многолетнем плане

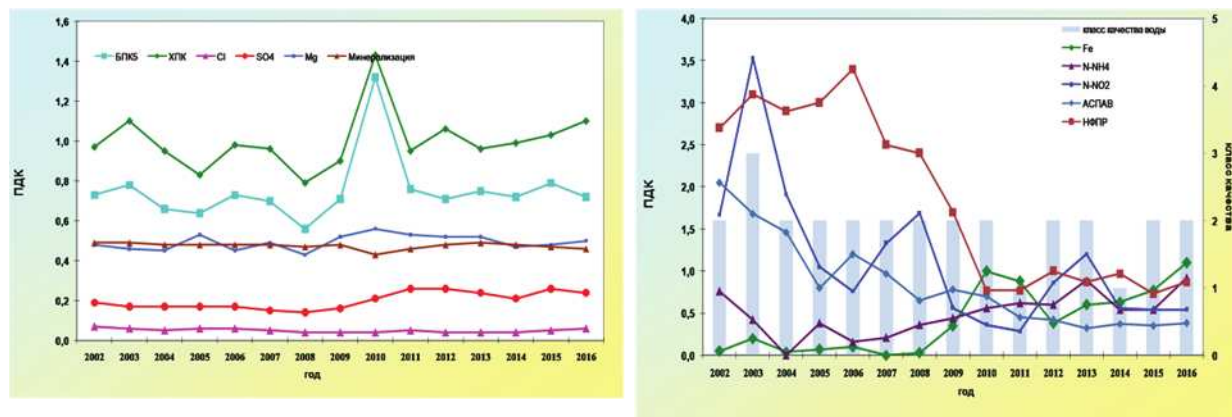


Рис. 3.2.2 Изменение среднегодовых концентраций основных ингредиентов и качество воды р. Лесной Воронеж, выше г. Мичуринск многолетнем плане

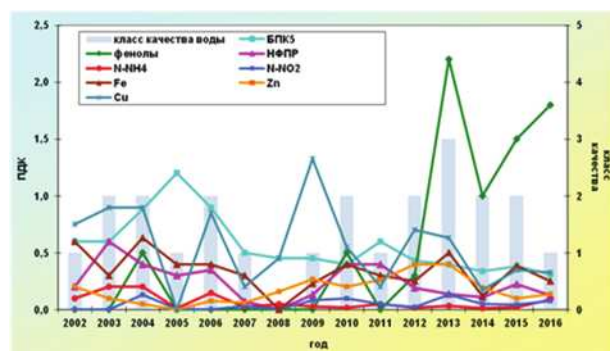
Река Лесной Воронеж, выше г. Мичуринск с 2000 г. года характеризовалась в основном как «слабо загрязнённая», в отдельные годы (2011 и 2014 гг.) как «условно чистая». В 2016 г. вода реки в данном створе оставалась «слабо загрязнённой», но с 2015 г. наблюдалась незначительная тенденция ухудшения качества воды. В 2016 г. возросла повторяемость концентрации превышения ПДК аммонийного азота от 0 % до 33 %, максимальная концентрация достигала 2 ПДК, соединений железа – 3 ПДК. Среднегодовые концентрации большин-

ства загрязняющих веществ были ниже ПДК органических веществ (по ХПК) и соединений железа незначительно превышали ПДК (рис. 3.2.2).

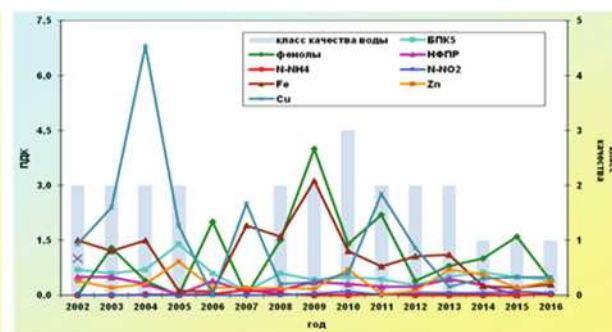
Бассейн Карского моря

Притоки озера Байкал В 2016 г. гидрохимические наблюдения проводились на устьевых участках 10 рек, выбранных в качестве фоновых.

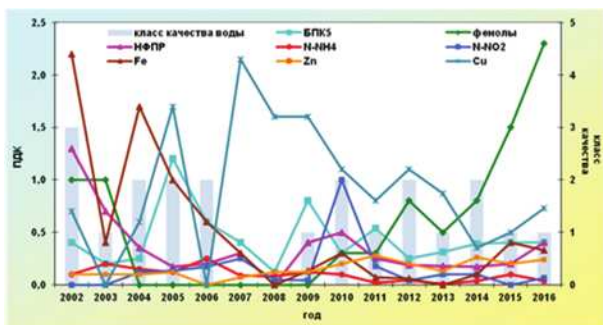
Вода рек Голоустная, Бугульдейка, Б. Сухая, Мантуриха, Мысовка, Снежная, Выдриная, Хара-Мурин, Утулик в 2016 г. характеризовалась как «условно чистая»; р. Сарма как «слабо загрязненная». Вода рек Голоустная, Мысовка, по сравнению с предыдущим годом, улучшилась от «слабо загрязненной» до «условно чистой»; р. Сарма незначительно ухудшилась от «условно чистой» до «слабо загрязненной»; остальных рек осталась на уровне 2015 г. (рис. 3.2.3).



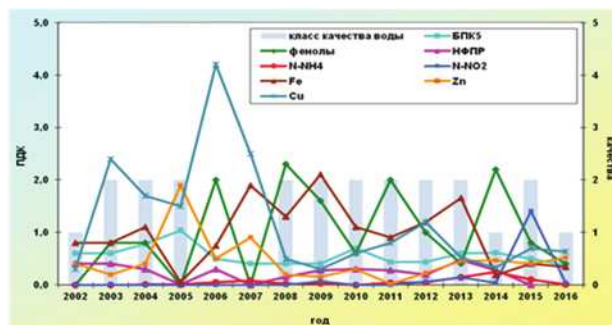
а) р. Голоустная



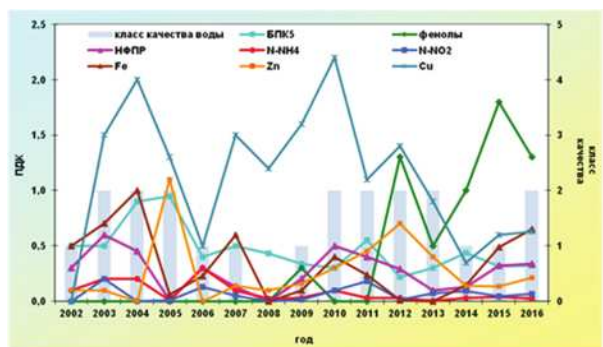
г) р. Мантуриха



б) р. Бугульдейка



д) р. Мысовка



в) р. Сарма

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

Иркутское водохранилище

В 2016 г. вода Иркутского водохранилища во всех пунктах наблюдений характеризовалась как «условно чистая».

По сравнению с предшествующим годом, снижение среднегодовых и максимальных концентраций органических веществ (по ХПК), нефтепродуктов в 2-5 раз на участке водохранилища ОГП-I Исток Ангары – п. Патроны способствовало улучшению качества воды от «слабо загрязненной» в 2015 г. до «условно чистой» (рис. 3.2.4). Вода водохранилища в районе г. Иркутск осталась на уровне «условно чистая».

В 2016 г. в створе 0,5 км выше ОГП-1 Исток Ангары в воде водохранилища предельно допустимый уровень превышали среднегодовые и максимальные концентрации фенолов (2 ПДК и 4 ПДК), нитритного азота (ниже ПДК и 2 ПДК), остальные ингредиенты и показатели качества находились на уровне или ниже ПДК.

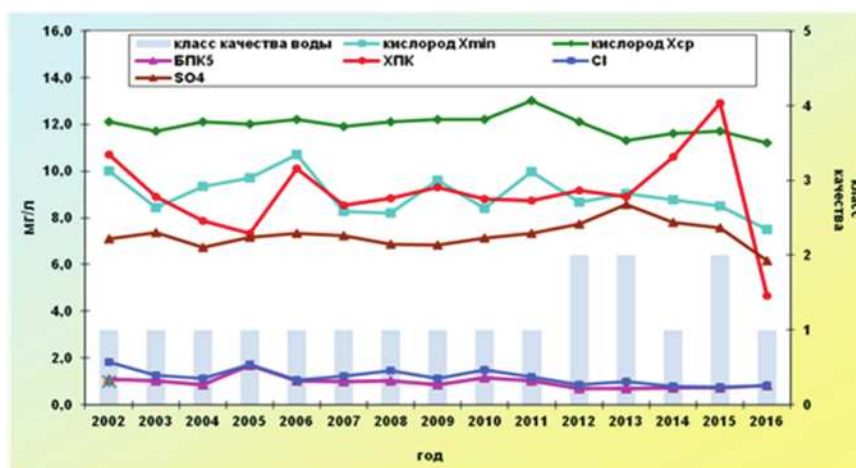


Рис. 3.2.4 Изменение класса качества и среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и показателей качества воды Иркутского водохранилища, ОГП-1 Исток Ангары в многолетнем плане

Бассейн Восточно-Сибирского моря

Река Лена. Вода реки Лена в верхнем течении в створе р.п. Качуг в последние годы стабилизировалось на уровне 2 класса «слабо загрязненная». Среднегодовые концентрации соединений металлов, нефтепродуктов, аммонийного азота не превышали ПДК, нитритного азота составляли 1,5 ПДК (рис. 3.2.5).

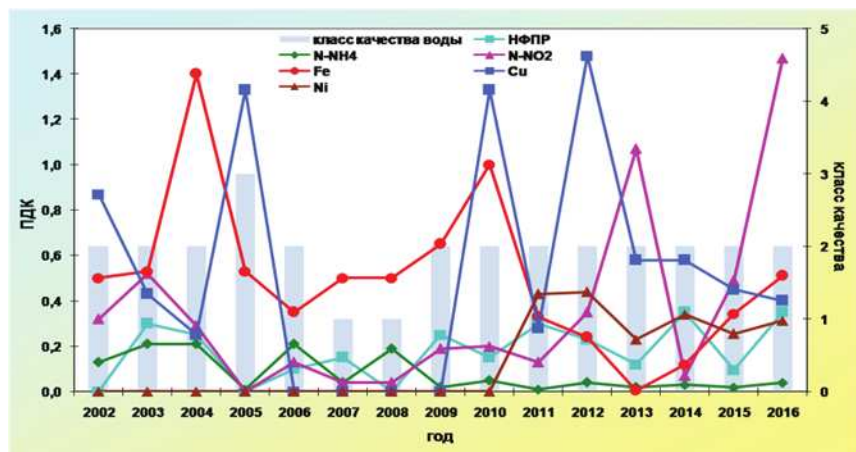


Рис. 3.2.5 Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Лена, р.п. Качуг в многолетнем плане

В створе г. Усть-Кут качество воды в многолетнем плане характеризуется колебаниями в пределах 1, 2 и 3 классов, в последние годы стабилизировалось на уровне 2-го класса – «слабо загрязненная» вода. В течение 2013-2016 гг. среднегодовые концентрации в воде реки не превышали ПДК: соединений железа, меди, никеля, аммонийного и нитритного азота; нефтепродуктов – 1,5 ПДК. (рис. 3.2.6).

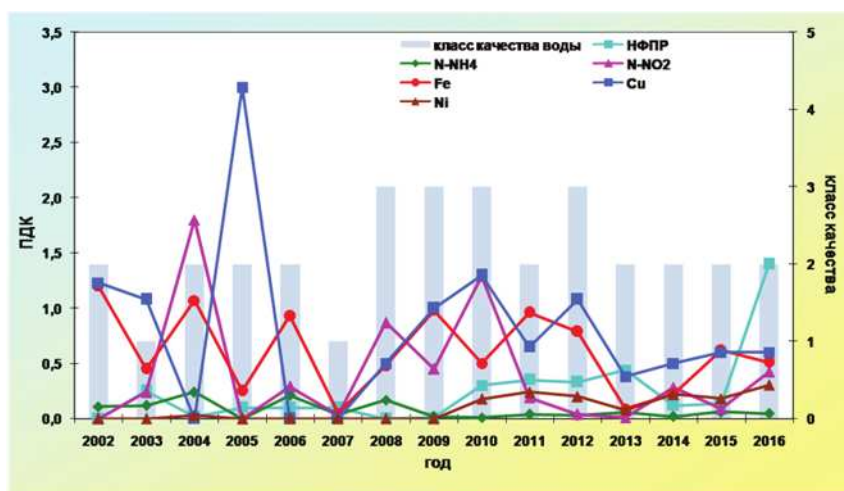


Рис. 3.2.6 Изменение среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и качества воды р. Лена, г. Усть-Кут

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 2016 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. Минерализация воды невысокая, варьировала от 46,0 мг/л до 72,0 мг/л, в среднем составляя 60,7 мг/л. Содержание взвешенных веществ в воде существенно снизилось и в 2016 г. не превышало 6,0 мг/л. Концентрации растворенного в воде кислорода колебались в пределах 8,80-13,4 мг/л.

По-прежнему невысоким было содержание в воде органических веществ (по ХПК), которое характеризовалось значениями ниже нормативного в пределах 3,10-14,3 мг/л. Возросла устойчивость невысокой, при значениях БПК₅ ниже 2,60 мг/л, загрязненности воды р. Рогатка легкоокисляемыми органическими веществами (по БПК₅).

В течение 2016 г. в воде р. Рогатка отсутствовали фенолы, АСПАВ, нитритный азот, соединения никеля. В пределах нормативных требований стабилизировалось содержание в воде на этом участке нефтепродуктов, аммонийного азота, фосфатов, соединений свинца и кадмия. Несколько снизились концентрации в воде соединений железа и марганца, возросла загрязненность соединениями меди (рис. 3.2.7).

В течение последних девяти лет качество воды р. Рогатка варьировало в достаточно узком диапазоне «слабо загрязненных» вод 2-го класса и стабилизировалось в этих пределах и в 2016 г.

Река Правда наблюдается на участке выше п. Правда, впадает в Татарский пролив. По основному химическому составу вода относится к гидрокарбонатно-сульфатному классу группы натрия. Минерализация воды р. Правда выше п. Правда в 2016 г. колебалась от 63,0 мг/л до 161 мг/л, в среднем составляя 102 мг/л. Концентрации в воде сульфатов не превышали 35,6 мг/л. Снизилось в 2016 г. содержание в воде взвешенных веществ в среднем до

44,7 мг/л и максимальной концентрации 149 мг/л. Концентрации растворенного в воде кислорода колебались в течение года от 7,80 до 13,2 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

Отсутствовали в воде реки фенолы, АСПАВ, соединения никеля и марганца. Уменьшились до ниже ПДК концентрации в воде р. Правда соединения цинка и кадмия. Несколько возросла загрязненность воды соединениями меди, железа, легкоокисляемыми органическими веществами (по БПК5) и органическими веществами (по ХПК) (рис. 3.2.8). Преимущественно ниже ПДК осталось в 2016 г., содержание в воде реки нефтепродуктов.

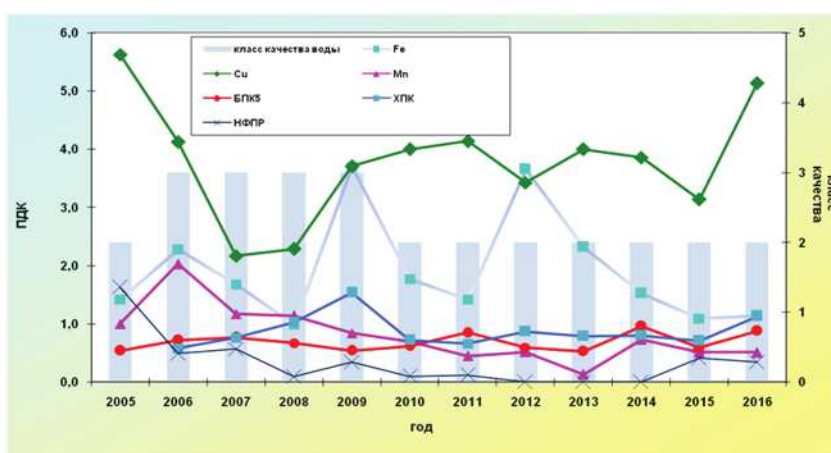


Рис. 3.2.8 Изменение класса качества воды и среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и показателей качества воды р. Правда в створе выше г. Правда в многолетнем плане

Качество воды р. Правда выше п. Правда в целом существенно не изменилось, стабилизировалось в пределах 2-го класса и характеризовалось «слабо загрязненной» водой.

Полуостров Камчатка. Изучение фоновое состояния 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 2016 г., как и в предшествующий многолетний период, организованный сброс сточных вод в эти реки отсутствовал.

Река Камчатка. Пункт наблюдений с. Пушино расположен близко к истокам реки на расстоянии 688 км от устья. По основному химическому составу воды реки относится к маломинерализованным, группе кальция. В 2016 г. минерализация воды варьировала в очень узком диапазоне 41,8-59,8 мг/л. Концентрации растворенного в воде кислорода составляли 8,42-10,8 мг/л при небольшом дефиците насыщения 1-8 %. По качеству вода реки осталась в категории «слабо загрязненная».

Как и в течение десяти предшествующих лет случаи превышения ПДК отмечали лишь по 2-3 веществам. По-прежнему отсутствовала загрязненность воды р. Камчатка к северу от с. Пушино органическими веществами (по БПК₅ и ХПК), соединениями азота, железа, кадмия, фосфатами.

Снизилась в 2016 г. концентрации в воде соединений меди и свинца в среднем до 3,5 и 0,55 ПДК. Несколько возросла, в среднем до 5 ПДК, загрязненность на этом участке нефтепродуктами.

Река Берш в фоновом створе к западу от с. Пушино в 2016 г. по-прежнему характеризовалась как «слабо загрязненная» и соответствовала 2-му классу качества (рис. 3.2.9).

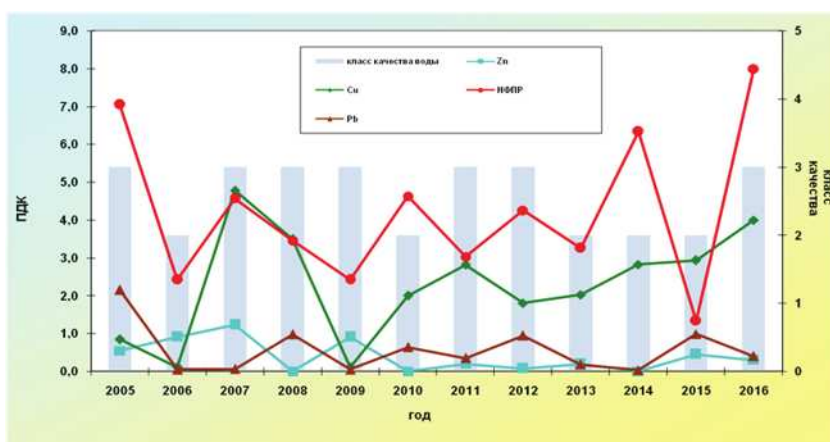


Рис. 3.2.9 Изменение класса качества и среднегодовых концентраций отдельных ингредиентов и показателей качества воды р. Берш в створе с. Пушино в многолетнем плане

Отсутствовала в 2016 г. загрязненность воды реки в пункте с. Пушино органическими веществами (по БПК₅ и ХПК), аммонийным и нитритным азотом, фосфатами и АСПАВ, соединениями железа, свинца, кадмия.

Несколько увеличились концентрации в воде р. Берш в фоновом створе соединений меди, отмечавшиеся на пике половодья. Содержание соединений меди в р. Берш в среднем при этом изменилось незначительно и превысило ПДК в 4 раза.

Повысилась в 2016 г. в среднем до 8 ПДК загрязненность воды р. Берш к западу от с. Пушино нефтепродуктами.

Река Большая (Быстрая) на фоновом участке выше с. Малки также характеризовалась ростом загрязненности воды нефтепродуктами в среднем до 3 ПДК и увеличением встречаемости случаев загрязненности до 86 %.

По-прежнему отсутствовала загрязненность воды реки органическими веществами (по БПК₅ и ХПК), фосфатами, АСПАВ, аммонийным и нитритным азотом, соединениями кадмия.

Существенно не изменилась периодически наблюдающаяся невысокая загрязненность воды реки в 2016 г. соединениями цинка и свинца. Незначительно снизились в 2016 г. в среднем до 7 ПДК концентрации в воде фенолов.

Несколько повысилась и приобрела более устойчивый характер загрязненность воды реки нефтепродуктами, среднегодовая концентрация которых в 2016 г. превышала ПДК в 3 раза. По качеству вода р. Большая (Быстрая) в створе 0,5 км выше с. Малки характеризовалась как «загрязненная».

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

В районах расположения станций сети ЕАНЕТ на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока проводятся наблюдения по программе мониторинга химического состава поверхностных вод с целью получения данных для оценки воздействия кислотных выпадений на экосистемы водоемов и малых рек. Основные принципы организации наблюдений разработаны 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 Обзоре за 2011 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 2016 году для реки Комаровка наблюдалось повышенное содержание кислотообразующих соединений и макроионов по сравнению со средними многолетними значениями. Для реки Переемная не было выявлено существенных отличий уровня содержания кислотообразующих соединений и макроионов от средних многолетних показателей (Табл. 3.3.1).

Таблица 3.3.1. Средние многолетние концентрации основных ионов и диапазон их изменений в поверхностных водах водотоков в районах станций ЕАНЕТ в 2007-2016 гг.

Вещество (измеряемое соединение)	р. Комаровка (Приморье)			р. Переемная (бассейн оз. Байкал)		
	Среднее		Диапазон измерений (2007-2016)	Среднее		Диапазон измерений (2007-2016)
	многолетнее	2016 г		многолетнее	2016 г	
pH	7,0	6,7	6,5 - 7,5	6,7	6,8	6,4 - 7,2
SO ₄ ²⁻ , мг/л	11,7	14,2	3,6 - 16,3	10,9	11,1	6,4 - 15,4
NO ₃ ⁻ , мг/л	1,5	3,7	0,1 - 6,1	0,71	0,70	0,18 - 1,29
NH ₄ ⁺ , мг/л	0,20	0,24	0,01 - 1,03	0,03	0,01	нпо - 0,25
Ca ²⁺ , мг/л	8,3	8,8	6,4 - 10,4	4,8	4,9	3,0 - 6,3
Mg ²⁺ , мг/л	2,2	2,0	1,5 - 3,3	0,87	0,85	0,50 - 1,30
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 pH воды в р. Переемной изменялось в пределах от 6,6 до 7,0, при среднем многолетнем 6,7 и вариациями измеренных значений от 6,4 до 7,2 ед. pH. В сезонном ходе наиболее высокие значения наблюдаются летом: среднее за многолетний период 7,0. Среднее значение pH для зимы около 6,6, наиболее низкие значения наблюдались весной.

В Приморье в водах р. Комаровка в 2016 году наблюдается увеличение уровня кислотности, значения колебались от 6,5 до 7,0 ед. pH. Среднее за год составило 6,7, что является самым низким значением показателя за период 2007-2016 гг.

Для р. Комаровки не наблюдается значительных различий величины pH между сезонами и выраженного многолетнего внутригодового хода значений: среднее значение для сезонов составляет 7,0±0,1 ед. pH. Тем не менее, как правило, для конца весны характерно некоторое снижение до 6,6–6,9 ед. pH.

По результатам наблюдений за 2007-2016 гг. продолжают отмеченные ранее тенденции: выраженный рост кислотности воды в р. Комаровка, и в среднем примерно одинаковый уровень значений в р. Переемная (рис.3.3.1). Однако, для надежного определения коли-

чественных характеристик изменений кислотности необходимы более длительные ряды измерения и, возможно, более специализированные детальные расчеты.

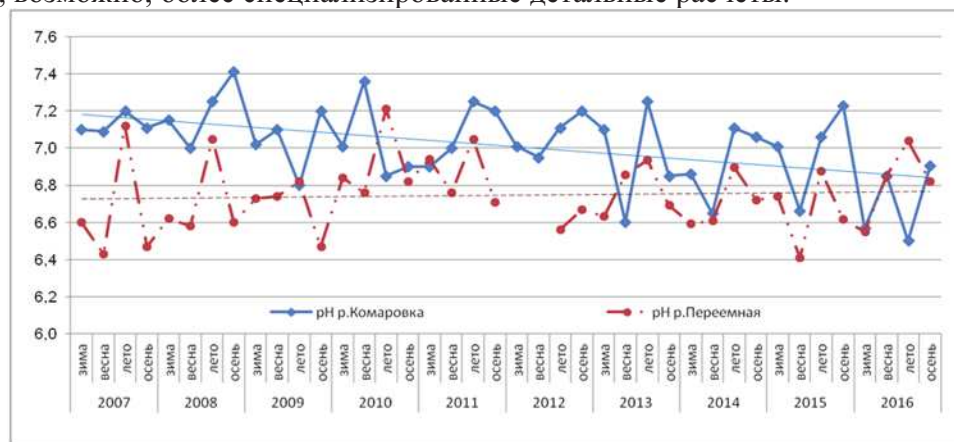


Рис.3.3.1 Тенденции изменения pH в поверхностных водах на станциях ЕАНЕТ в Приморье и в районе оз. Байкал.

Содержание сульфатов

В 2016 году среднегодовое содержание сульфатов в воде р. Комаровка составило 14,2 мг/л, что является максимальным показателем за период наблюдения 2007-2016 гг. При этом в течение года значения изменялись относительно слабо, от 12,7 до 16,3 мг/л (в пределах 15% от среднего). Для р. Переемная среднегодовая концентрация близка к среднему многолетнему значению (Таблица 3.3.1), при этом интервал изменений также оставался на уровне характерных значений от 7,7 до 12,6 мг/л.

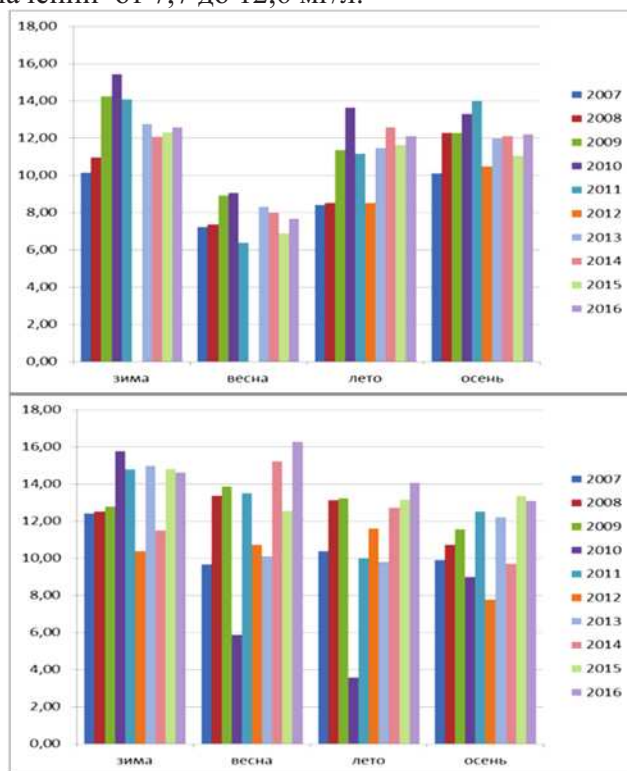


Рис.3.3.2 Сезонные изменения концентраций сульфатов (мг/л) в водах р. Переемная (слева) и р. Комаровка (справа) в 2007-2016 гг.

В годовом ходе концентраций для р. Комаровка отсутствуют повторяющиеся ежегодно сезоны с минимальным значением, тогда как для р. Переемной можно отметить выраженное уменьшение концентраций в весенние месяцы. За весь период 2007-2016 гг. абсолютные

минимальные измеренные значения составили 3,57 для реки Комаровка (в летний период 2010 года) и 6,37 мг/л для реки Переемная (в весенний период 2011 года). Абсолютные максимальные измеренные значения составили 16,27 для реки Комаровка (в весенний период 2016 года) и 15,44 мг/л для реки Переемная (в весенний период 2010 года) (рис. 3.3.3).

Содержание нитратов

В 2016 году среднегодовое содержание нитратов для р. Комаровка также возросло и составило 3,67 мг/л, что более чем в два раза выше уровня среднемноголетних значений и является максимальным значением за весь период наблюдения. 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 1,29 мг/л), а средние многолетние значения составляют 1,49 и 0,71 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).

По результатам измерений в 2007-2016 гг. для р. Переемная отмечается тенденция снижения содержания нитратов. Для р. Комаровки наблюдается повышение содержания нитратов в воде, однако статистически обоснованная зависимость прослеживается слабо (рис.3.3.4).

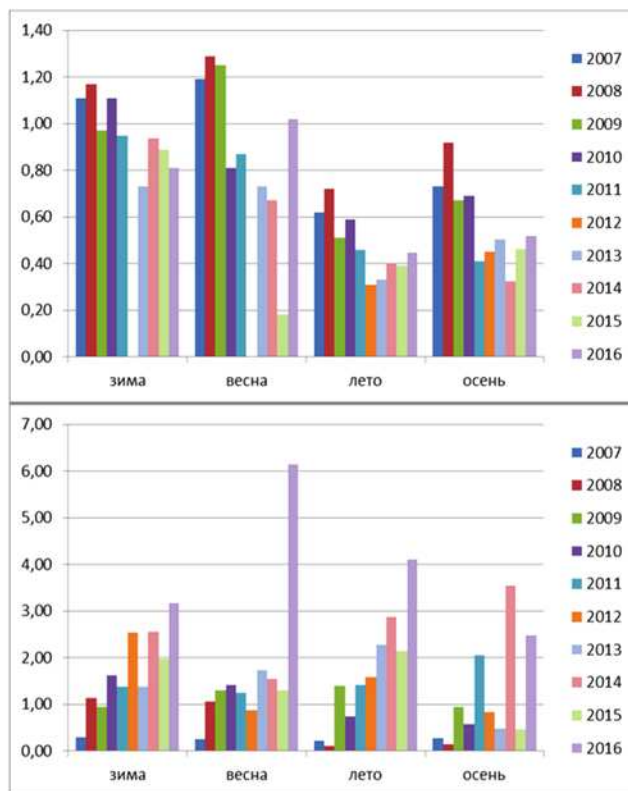


Рис.3.3.3 Внутригодовые изменения концентраций нитратов (мг/л) в р. Переемная (слева) и р. Комаровка (справа) в 2007-2016 гг.

Основные катионы

Среднее содержание ионов кальция, являющегося преобладающим из катионов, для р. Комаровка в 2016 году повысилось, достигнув максимального среднегодового значения за период наблюдений 8,85 мг/л, при среднем многолетнем 8,27 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 выше, чем в р. Переемная.



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

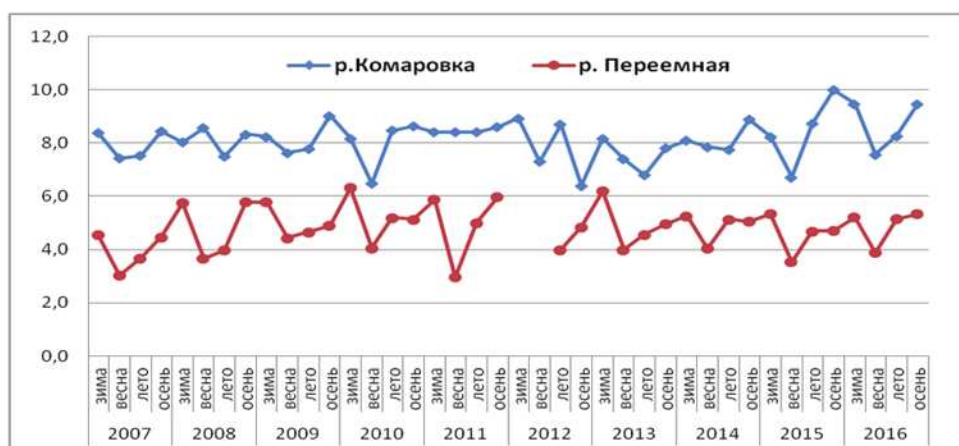


Рис.3.3.5 Изменения концентраций кальция (мг/л) в поверхностных водах на станциях ЕАНЕТ в Приморье (р. Комаровка) и в районе оз. Байкал

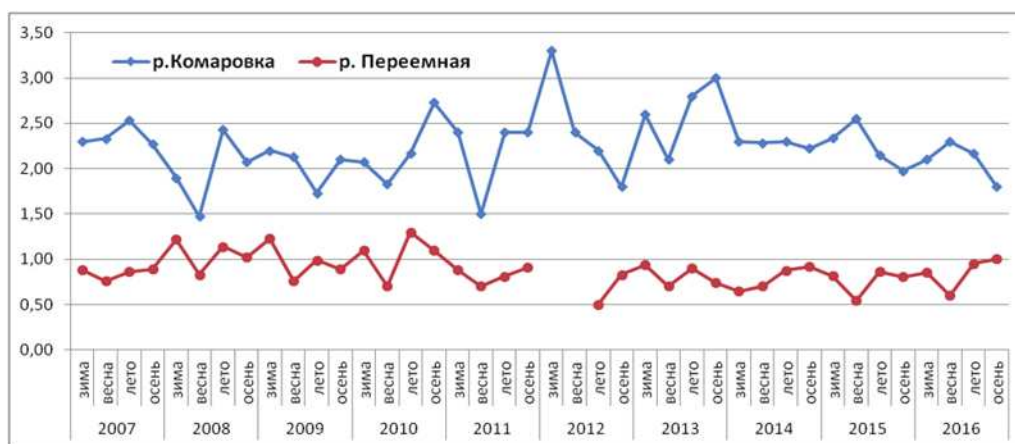


Рис.3.3.6 Изменения концентраций магния (мг/л) в поверхностных водах на станциях ЕАНЕТ в Приморье (р. Комаровка) и в районе оз. Байкал

Среднегодовое содержание ионов кальция в воде р. Комаровка в 2016 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 4,89 мг/л при колебаниях концентраций в течение года от 3,89 мг/л до 5,33 мг/л.

Содержание ионов магния в водах р. Комаровки в 2016 году снизилось до 2,03 мг/л, после некоторого повышения в 2013 году, при внутригодовых колебаниях концентраций от 1,77 мг/л до 2,30 мг/л. Среднегодовое содержание ионов магния в воде р. Переемная было характерным для уровней последних лет и составило 0,85 мг/л, при минимальном содержании 0,60 мг/л в весенний период (Рис. 3.3.6). В целом, содержание ионов магния в 2016 году существенно не отличалось или незначительно отличалось от многолетних уровней.



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

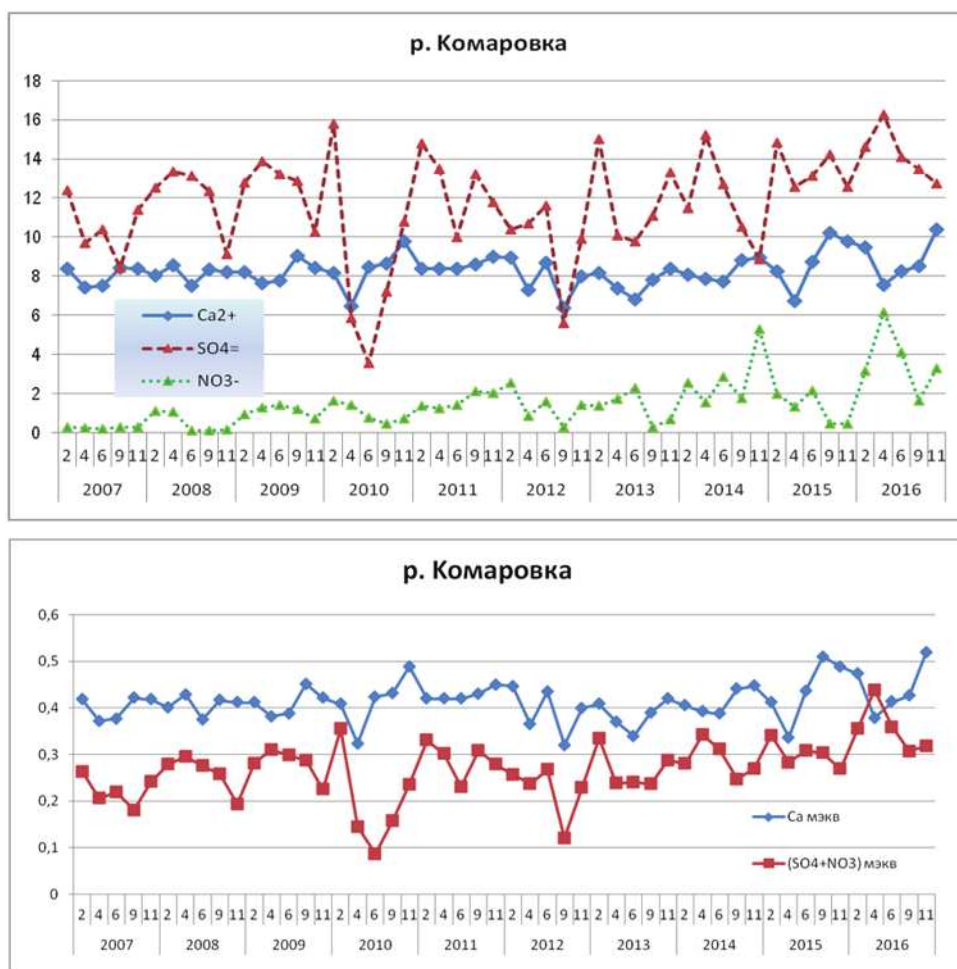


Рис.3.3.8 Тренды согласованного изменения сульфатов, нитратов и кальция (верхний, мг/л) и их эквивалентов (нижний, мэкв/л) в поверхностных водах на станции ЕАНЕТ Приморская в 2007-2016 гг.

Содержание аммония в водах р. Переемная в 2016 году было ниже среднего многолетнего и в разные сезоны находилось практически на одном уровне, 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 выше, чем за последние 3 года. Наибольшие измеренные концентрации были зафиксированы в июне 2016 года и превысили значения в другие месяцы в 1,5-2 раза.

Соотношения основных анионов и катионов

При анализе совмещенных годовых ходов концентраций кальция и сульфатов можно отметить, что колебания содержания кальция в р. Комаровка (в Приморье) по данным наблюдений относительно малы (кроме редких случаев, например, уменьшения в апреле 2015 г.), в отличие от сульфатов. Содержание сульфатов в целом более высокое, чем кальция. Отмеченная тенденция не была нарушена в 2016 г. Как отмечалось ранее, уровень концентрации 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 (за редким исключением, например, резкое увеличение содержания суммы главных анионов в апреле 2016 г.). Для р. Комаровка содержание кальция (в эквивалентных единицах) практически всегда примерно в полтора раза выше, чем общее содержание сульфатов и нитратов, что обеспечивает близкий к нейтральному pH поверхностных вод в малых реках Приморья. В 2016 г. данное соотношение нарушалось в апреле, когда наблюдалось превышение содержания основных анионов (Рис. 3.3.8).

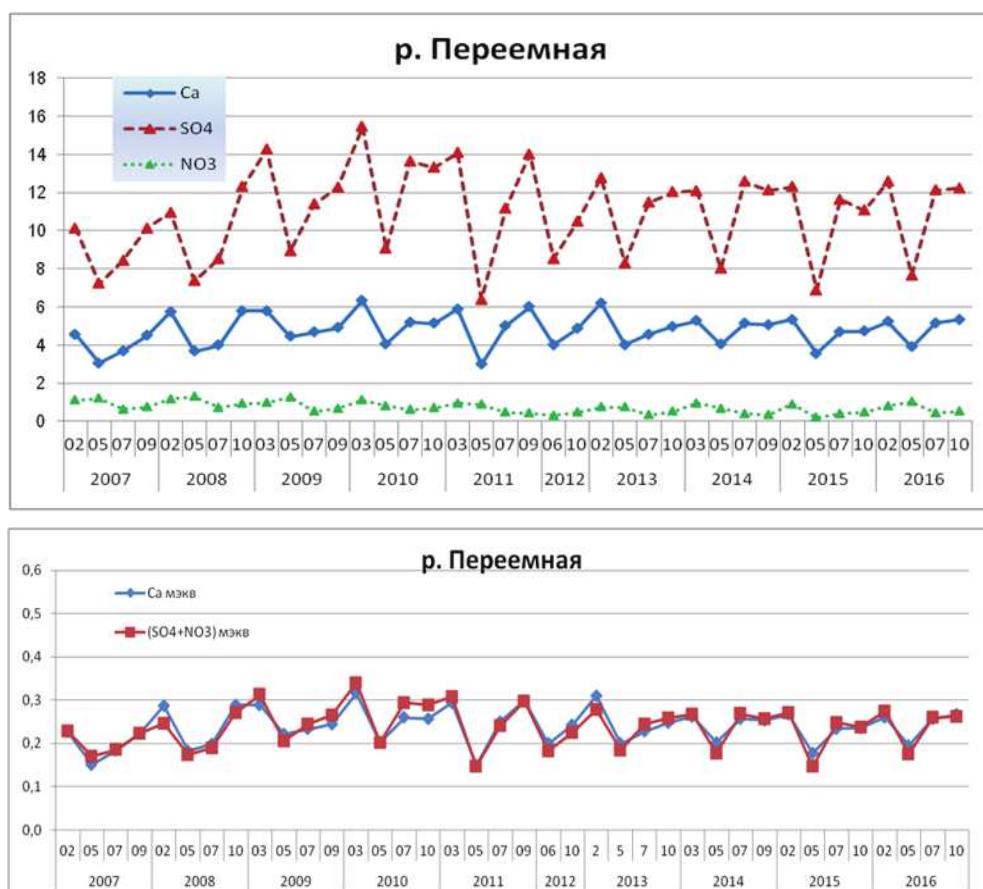


Рис.3.3.9 Тренды согласованного изменения сульфатов, нитратов и кальция (верхний, мг/л) и их эквивалентов (нижний, мэкв/л) в поверхностных водах р. Переемная в 2007-2016 гг.

Как и в предыдущие годы, в 2016 году в водах р. Переемная преобладающими анионами были сульфаты, а катионами – кальций, при этом сульфаты, по массовым концентрациям, также всегда превышают содержание кальция (Рис. 3.3.9). Уровень концентраций нитратов в водах р. Переемная также существенно ниже концентраций кальция и сульфатов.

В течение 2016 года отношение кальция к сумме ионов сульфатов и нитратов (в экв) составляло в среднем 1,0, за исключением небольшого (менее 10%) отклонения в мае. Такое соотношение данных веществ, характерное для вод р. Переемная, является причиной низкой буферной способности к нейтрализации кислотных компонентов. Вода реки оценивается как крайне неустойчивая к закислению.

В целом по результатам фоновых наблюдений за содержанием химических веществ в поверхностных водах в районах станций сети EANET, в последний год наблюдалось увеличение содержания основных ионов (SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , Ca^{2+}) и кислотности для р. Комаровка (Приморье). Для р. Переемная уровни основных ионов в течение последних 9 лет в целом сохраняются стабильными.

3.4. Фоновое состояние пресноводных экосистем по гидробиологическим показателям

Выбор станций фонового гидробиологического мониторинга поверхностных вод суши произведен в соответствии с РД 52.24.309-2016 в районах, удаленных от локальных источников антропогенного воздействия, не подверженных влиянию промышленных и хозяйственных стоков. В 2016 году фоновые гидробиологические наблюдения осуществлялись на 18 водных объектах, которые соответствуют концепции фоновых участков, из них 8 участков расположены на территории 5 государственных природных, в том числе биосферных заповедников и их охранных зонах (Большехехцирский, Жигулевский, Лапландский, Приокско-Террасный, Усть-Ленский).

Баренцевский гидрографический район

Наблюдения в 2016 г. проводились Мурманским УГМС на фоновых участках 5 водных объектов: четыре реки и одно озеро.

Бассейн реки Туломы: р. Лотта (п. Светлый, устье). В альгоценозе р. Лотта в 2016 г. встречено 33 видов фитопланктона, что на 15 видов меньше наблюдаемых в 2015 г. – 48 видов. Тем не менее, этот показатель лежит в диапазоне среднесезонных наблюдений — в 2014 г. отмечалось 38 видов, в 2013 г. – 28, 2012 г. – 36, 2011 г. – 43. Основу таксоценоза формируют диатомовые – 17 видов и зеленые – 9, сине-зеленые представлены – 3, золотистые – 1 и пиррофитовые – 2 вида. Количественные характеристики незначительно ниже среднесезонных. В июне доминирует диатомовый комплекс видов, составляя до 83% общей численности, а к августу он сменяется на комплекс синезеленых. В этот период по численности и биомассе в альгоценозе доминируют 3 вида, достигая суммарной доли по численности 66%.

В 2016 году бентофауна реки насчитывала от 7 до 15 таксонов на пробу. Доминируют комары-звонцы достигая 59% общей численности зообентоса, к августу основу зообентоса составляют ручейники и поденки формируя до 68% численности. В 2015 – она насчитывала в среднем до 13 таксонов в пробе. Как и в отчетный год доминировали хирономиды (до 46% от общей численности), олигохеты составляли до 36% численности всех донных организмов. Видовое разнообразие – 23 таксона, что выше многолетних наблюдений (в 2012 г. – 12, в 2013 г. – 6, в 2014 г. – 10, в 2015 г. – 16). Видовая структура и динамика количественных показателей находятся в диапазоне данных многолетнего мониторинга. Среднегодовое значение индекса сапробности (далее – ИС) и биотического индекса по Вудивису (далее – БИ) находились в пределах многолетних колебаний (рис. 3.4.1 и 3.4.2).

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

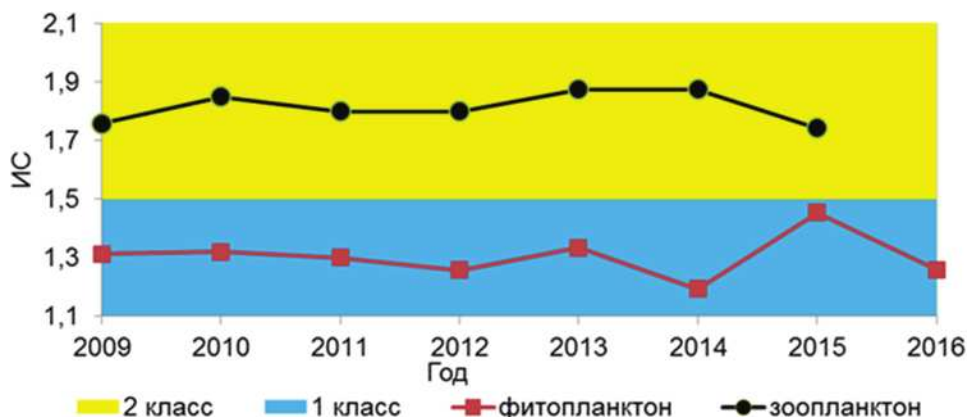


Рис. 3.4.1 Динамика значений индекса сапробности (ИС) в 2009-2016 гг., р. Лотта

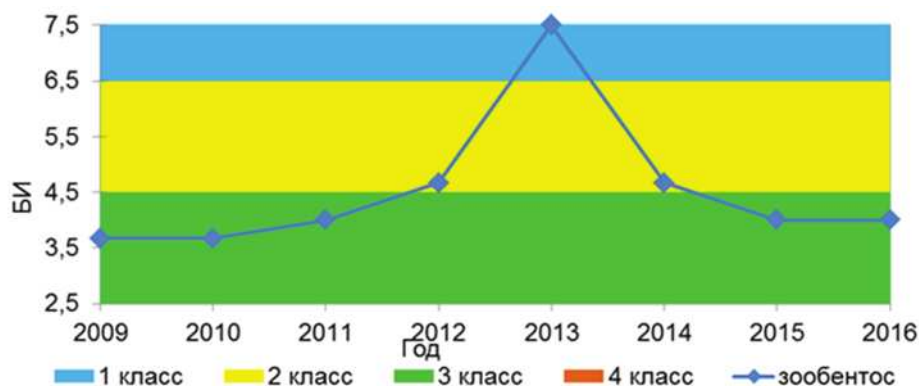


Рис. 3.4.2 Динамика значений БИ в 2009-2016 гг., р. Лотта

Бассейн реки Колы: р. Кица (ст. Лопарская, устье). Альгоценоз реки Кица в 2016 г. насчитывал 39 видов фитопланктонных форм, значительно ниже таксоцена 2015 г. – 48 видов водорослей (в 2014 г. – 50, в 2013 г. – 35). Флуктуации видового разнообразия лежат в среднемноголетних границах изменчивости. Основу таксоцена образуют зеленые – 18 и диатомовые водоросли – 18 видов, им сопутствуют синезеленые – 8 видов, пиррофитовые и золотистые водоросли представлены 2 и 3 видами соответственно. Количественное распределение в пределах среднемноголетних величин. В июне доминировал комплекс диатомовых водорослей, в летние и осенние месяцы уступающий комплексу зеленых и синезеленых. Видовое разнообразие включало 30 таксонов в пробе.

В зоопланктоне реки зафиксировано 18 видов планктеров, что лежит в пределах среднемноголетних флуктуаций видового состава. Качественный состав планктеров в 2015 г насчитывал всего 16 видов, а в 2014 г. – 50. Таксономические группы в 2016 г. распределялись следующим образом: встречено 9 видов коловраток, доминирующих по численности и биомассе и образующих биоценоз, им сопутствовали 8 видов – ветвистоусых и 1 – веслоногих ракообразных.

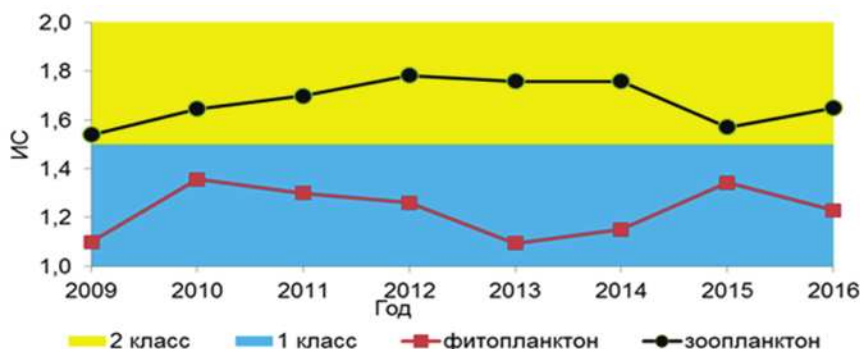


Рис. 3.4.3 Динамика значений ИС в 2009-2015 гг., р. Кица

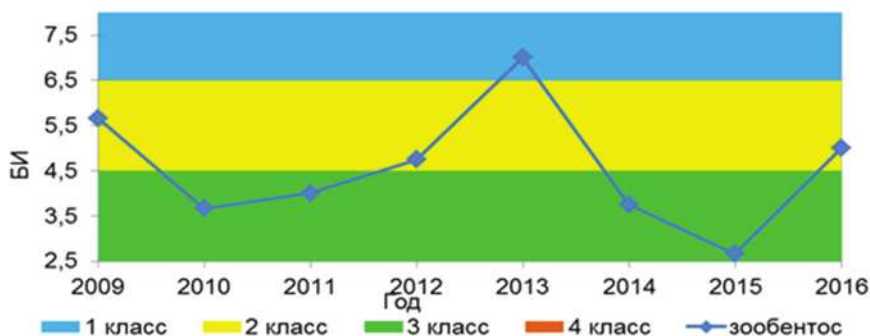


Рис. 3.4.4 Динамика значений БИ в 2009-2016 гг., р. Кица

Видовое разнообразие бентоса варьировало от 3 до 12 таксонов в пробе, распределенных по 11 группам беспозвоночных. В июне доминировали комары-звонцы, составляя до 53% общей численности гидробионтов в пробе. В июле и августе индекс доминирования смещается в сторону малощетинковых червей, составляющих до 57% общей численности, вероятно в связи с вылетом имаго насекомых. Доля индикаторных видов класса качества воды (поденки, ручейники) варьировала от 4 до 25%. Количественные характеристики сообществ и среднегодовые значения ИС и БИ лежат в среднемноголетнем интервале за последние 10 лет (рис. 3.4.3 и 3.4.4). Экосистема реки находится в состоянии антропогенного экологического напряжения.

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, зоопланктона, зообентоса. Фитопланктон фонового створа включает 40 видов (в 2015 г. отмечено 43, в 2014 г. – 49, в 2013 г. – 40, в 2012 г. – 33, в 2011 г. – 46). По числу видов преобладали диатомовые – 19 и зеленые – 10, пирифитовые и золотистые – 6 и 4 видами соответственно, синезеленые – 1. Общая численность отличается стабильностью. По-прежнему доминирует в количественном и качественном отношении диатомовый комплекс – 58–91% общей численности. В июле доля нитчатых зеленых в сумме достигает 13%.

Зоопланктон фонового створа представлен 14 видами организмов (в 2015 г. обнаружено 22 таксона, в 2014 г. – 21, в 2013 г. – 16), в том числе 9 коловраток, 3 – ветвистоусых ракообразных, 2 – веслоногих рака. Зооценоз характеризуется низкими количественными характеристиками. Максимальные показатели обнаружены в августе. Во все периоды исследования по численности доминировали коловратки, составляя 69–80% всего зоопланктона.

Состав донных сообществ реки насчитывал не более 7 таксонов в пробе. Доминируют по-прежнему личинки хирономид, достигая 45%, доля олигохет не превышает 5,3% всего количества бентоса. Во все периоды обнаружены индикаторы чистой воды: в июне – веснянки, в августе – поденки и различные виды ручейников. В июне их количество составляет 32%, в августе – 50%.

Полученные результаты лежат в пределах среднемноголетней динамики (рис. 3.4.5 и 3.4.6) и свидетельствуют о благополучии состояния экосистемы, воды условно чистые.

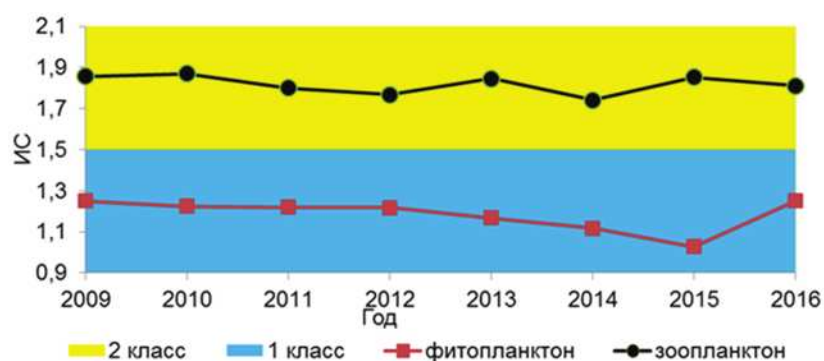


Рис. 3.4.5 Динамика значений ИС в 2009–2016 гг., р. Вите

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

Фитопланктон включает 42 таксона водорослей (в 2015 г. – 54, в 2014 г. – 55, в 2013 г. – 47, в 2012 г. – 50, в 2011 г. – 46, в 2010 г. – 40). По числу видов преобладали диатомовые – 25 и зеленые – 10, пиррофитовые – 3, синезеленые и золотистые – по 2 вида. Общая численность продуцентов в июне-июле составляла 0,90-1,49 тыс.кл/мл. Максимальная биомасса достигается в июле, как и в прошлом году ее определяют диатомовые, нитчатые зеленые и крупные пиррофитовые водоросли.

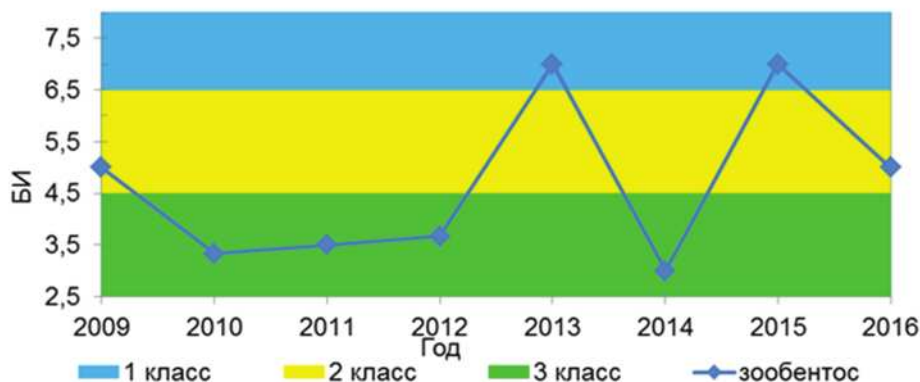


Рис. 3.4.6 Динамика значений БИ в 2009-2016 гг., р. Вите

Видовой состав зоопланктона озера представлен 13 таксонами (в 2015 г. – 24, в 2014 г. – 18, в 2013 г. – 13), из них 4 представителя коловраток, 7 – ветвистоусых, 2 – веслоногих рака. Минимальные значения общей численности и биомассы отмечены в июне, максимальные – в августе. В начале лета в сообществе встречались все группы организмов. К концу вегетационного периода по количеству доминируют коловратки, достигая 87% всей численности зоопланктона.

Бентофауна оз. Чунозеро представлена псаммофильным комплексом, насчитывающим не более 6 таксонов в пробе. В июне доминируют олигохеты, достигая 53% общей численности, двустворчатые моллюски составили 27%, личинки ручейников – 20%. В августе нельзя выделить преобладающую группу, доля в численности этих групп представлены равными долями по 22%. Количественные показатели более чем в 2 раза превышают прошлогодние. Динамика среднегодовых значений ИС и БИ представлена на рисунках 3.4.7 и 3.4.8.

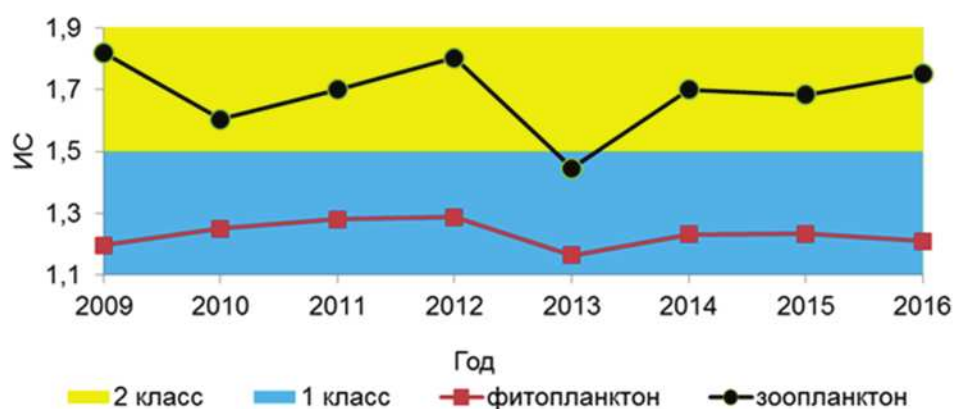


Рис. 3.4.7 Динамика значений ИС в 2009-2016 гг., оз. Чунозеро

Качество воды озера по показателям фитопланктона, зоопланктона и зообентоса не испытывало значительных колебаний в период наблюдений. Придонный слой воды оценивается более низким качеством. Экосистема озера находится в состоянии антропогенного экологического напряжения.

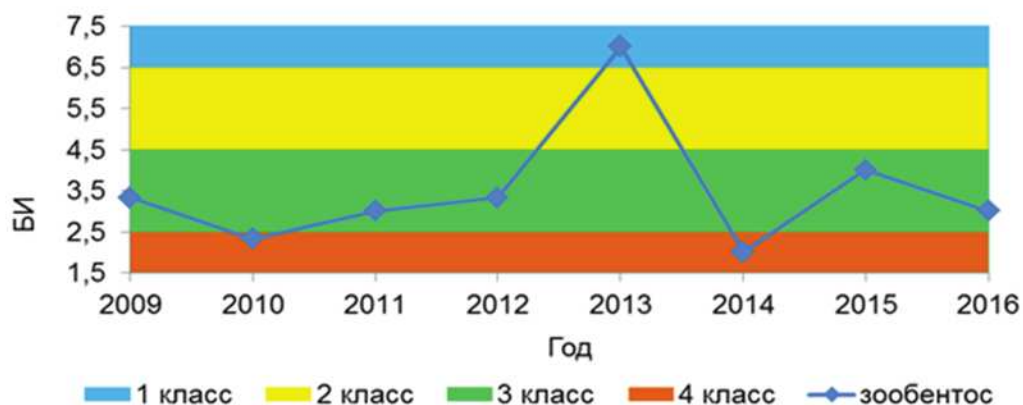


Рис. 3.4.8 Динамика значений БИ в 2009-2016 гг., оз. Чунозеро

Балтийский гидрографический район

Наблюдения в 2015 г. проводились Северо-Западным УГМС на реке Шуя (Республика Карелия).

Бассейн Онежского озера: Река Шуя (нижнее течение и устье). На реке встречено 7 видов (14 в 2015 г.) и форм бентофауны, относящихся к 7 (11 в 2015 г.) таксономическим группам. Из них: хирономиды – 5 видов (36%), олигохеты – 2 (15%), моллюски – 2 (14%), поденки – 2 (14%), жесткокрылые – 1 (7%), полужесткокрылые – 1 (7%), стрекозы – 1 (7%). Всего в каждой пробе присутствовало от 1 до 4 видов и форм бентофауны.

В пробах истокового створа обнаружено 9 видов. По численности и биомассе доминировали хирономиды и олигохеты. На устьевом створе р. Шуя по численности доминируют в сообществе хирономиды и олигохеты, по биомассе доминировали стрекозы (73%).

По результатам гидробиологических наблюдений бентофауны экосистема реки находится в состоянии перехода от экологического благополучия к состоянию антропогенного экологического напряжения.

Каспийский гидрографический район

В бассейне Средней Волги гидробиологический мониторинг за фоновыми объектами проводится с 2016 года на территории Жигулевского и Приокско-Террасного биосферных заповедников.

Жигулевский биосферный заповедник, озеро Кольчужное. В 2016 году проведен сезонный фоновый мониторинг экосистемы озера по показателям фитопланктона, зоопланктона, перифитона и зообентоса. В альгоценозе озера насчитывалось 47 таксонов водорослей. Весной доминировали виды криптофитовых водорослей, летом три группы: криптофитовые, зеленые и синезеленые, осенью — синезеленые. Значения индексов сапробности варьировали 2,03 – 2,35, что соответствует 2-му классу качества воды.

В перифитоне насчитывалось 54 вида и крупных таксона фито- и зооперифитона. Наибольшей частотой встречаемости обладали синезеленые и диатомовые водоросли. Значения индекса сапробности варьировали от 1,97 до 2,14, что соответствует 2-му классу качеству воды.

Сообщество зоопланктона представлено 43 видами беспозвоночных среди которых доминирующее положение занимали копеподы, составляя до 66% общей численности. ИС варьировал в пределах от 1,38 до 1,83, что соответствует 1-у и 2-му классу качества.

Сообщество зообентоса весьма разнообразно. Показатель обилия видов составлял от 7 до 11 групп на пробу, среди которых доминировали олигохеты и моллюски. Биотический индекс варьировал от 4 до 5 баллов, что соответствует 3-му классу качества воды.

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. Зообентос исследованных водоемов и водотоков насчитывает 95 видов, групп видов и форм донных беспозвоночных. Наибольшее число 53 вида и группы видов встречены в р. Тоденка, что значительно больше определенных в ходе рекогносцировочных обследований в 1990 и 2000 годах (в 1990 г. – 6 видов, в 2000 г. – 12). 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, что соответствует 1 классу качества воды, в предыдущие годы его определяли как 2-3. Видовое разнообразие р. Сушка лежало в диапазоне 7-19 видов на пробу – что также соответствует 1-му, 2-му классам качества. Для реки Пониковка этот показатель составлял 3-13 видов/пробу – 2-4 класс. В настоящее время все исследованные водотоки и водоемы Приокско-Террасного биосферного заповедника относятся к 1 классу качества воды, что значительно выше предыдущих оценок.

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. Фитоценоз р. Лена весьма разнообразен и насчитывает 19 видов водорослей, среди которых по числу видов доминировали холодноводные виды диатомовых водорослей – 13 именно они формируют качественный и количественный состав арктических фитоценозов, зеленые водоросли представлены – 4 видами, синезеленые – 2. Ограниченное видовое разнообразие и количественный состав в период наблюдения видов-индикаторов антропогенного воздействия из отдела цианобактерий показывает, что фитоценоз не испытывает антропогенного воздействия. Количественные характеристики сообщества находились в диапазоне многолетних результатов гидробиологического мониторинга.

Качественный состав зообентоса представлен 15 видами из 5 групп: малощетинковые черви – 3, комары-звонцы – 6, веснянки – 2, двустворчатые – 3, ручейники – 1. Пространственное распределение видов зообентоса крайне неоднородно, это вызвано тем, что сообщества низовий крупных арктических водотоков формируются за счет видов приносимых сюда паводковыми водами вместе с осадочными породами. Основу зообентоса по числу видов формируют короткоцикловые комары-звонцы, олигохеты и веснянки.

Нестабильность бентосных сообществ в период наблюдения говорит скорее об экстремальных гидрологических и гидрофизических условиях обитания, нежели об антропогенном воздействии на сообщества. По сути, зообентос представлен сезонными группировками не зависящими напрямую от внешнего воздействия. Недоучет этого фактора приводил к тому, что ранее состояние экосистемы р. Лена оценивалось как антропогенное экологическое напряжение.

Таким образом, проведенный тщательный анализ данных в контексте изучения условий формирования экосистем позволил сделать вывод, что состояние экосистемы реки Лена в низовье следует рассматривать как экологическое благополучие.

Бассейн Нижней Лены, р. Копчик-Юреге (п. Полярка). Для оценки были использованы показатели зообентоса. Фитоценоз реки представлен 7 видами диатомовых водорослей, другие группы не были встречены. Сообщество зообентоса представлено 3-мя видами веснянок. По сравнению с 2014-2015 гг. количественные и качественные показатели зообентоса не изменились.

По наблюдаемым показателям состояние биоценоза р. Копчик-Юреге находится в устойчивом состоянии экологического благополучия. Бедность биоценозов обусловлена коротким вегетационным сезоном, именно по этой причине здесь распространены короткоцикловые виды гидробионтов, а неоднородность распределения сообществ определяется не антропогенным фактором, а критическими климатическими условиями природной среды. За многолетний период БИ остается устойчивыми и характеризуют сообщества стабильными, либо изменения незначительны. По показателям фитопланктона качество воды на всех наблюдаемых объектах оценивалось 2-ым классом.

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».

Зоопланктон реки малочисленный, в створе отмечено наличие 9 видов (5 видов в верхнем и 8 видов в нижнем створе), из них ветвистоусых ракообразных – 2, веслоногих ракообразных – 2, коловраток – 5. Сообщество составлено по большей части транзитными видами, так как высокая скорость течения затрудняет развитие автохтонного зоопланктона. Группа ветвистоусых рачков представлена мелкими босминами и хидоридами, группу веслоногих рачков в течение всего периода исследований составляли неполовозрелые (науплиальные и копеподитные) и взрослые стадии циклопов и единичные гарпактициды. По сравнению с предыдущими годами произошло уменьшение видового разнообразия, в основном за счет сообщества коловраток.

За период исследований в составе перифитона обнаружено 112 видов организмов, принадлежащих к 15 систематическим группам. В сообществе фитоперифитона зарегистрировано 66 видов организмов из пяти систематических групп, зооперифитона – 46 видов из десяти систематических групп. В видовом составе фитоперифитона ведущее место занимали диатомовые водоросли (39 видов). В зооперифитоне наиболее богатым видовым разнообразием отличалась фауна класса насекомых (25 видов). Динамика среднегодовых значений ИС в 2010-2016 гг. представлена на рисунке 3.4.9.

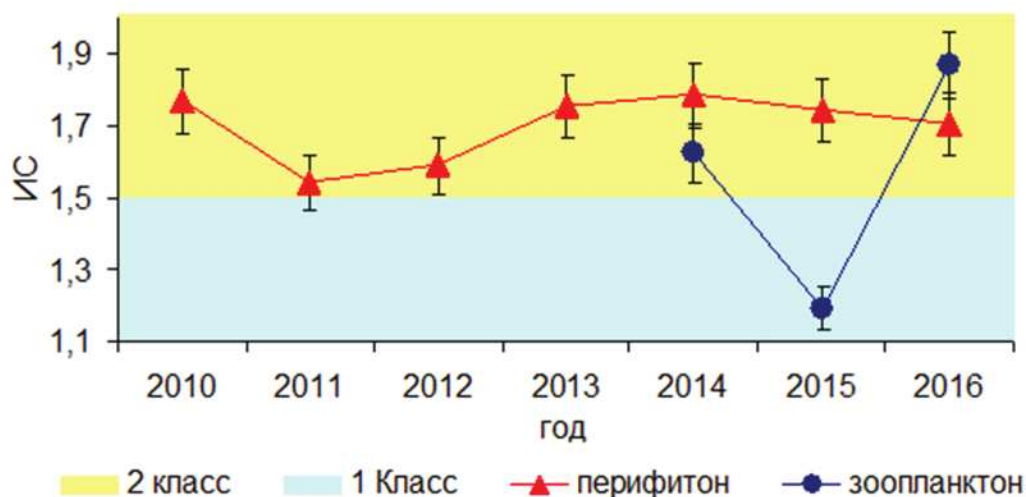


Рис. 3.4.9 Динамика значений ИС в 2010-2016 гг., р. Базаиха

Донные беспозвоночные представлены 69 видами и формами из 9 систематических групп. Класс насекомых – 61 таксон, из них отряды: личинки двукрылых – 25, ручейников – 14, поденок – 13, веснянок – 7, жуков – 2 таксона. В классе малощетинковые черви зарегистрировано 4 вида, в классах амфиподы и брюхоногие моллюски – по 2 таксона. Динамика среднегодовых значений БИ в 2010-2016 гг. представлена на рисунке 3.4.10.

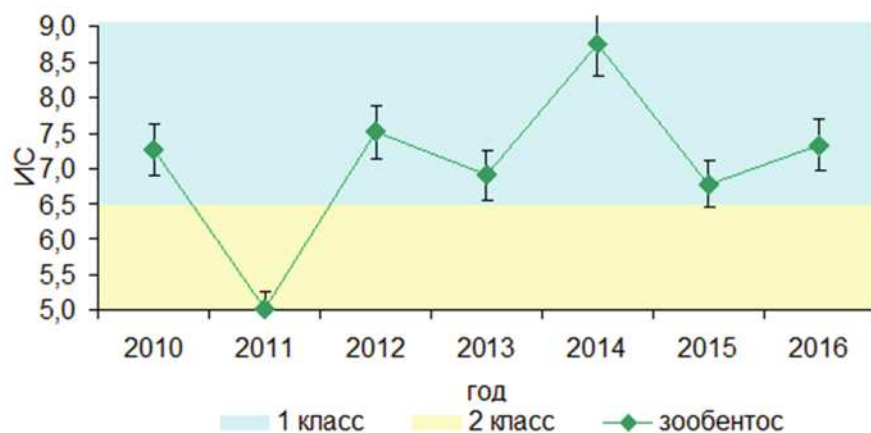


Рис. 3.4.10 Динамика значений БИ в 2010-2016 гг., р. Базаиха

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

Бассейн оз. Байкал, река Джида. Оценка качества воды водотока проводилась по состоянию фитопланктона, зоопланктона и зообентоса. Видовое разнообразие фитопланктона насчитывало 80 видов (в 2015 г. – 65), из которых диатомовые – 71, зелёные – 8, синезелёные – 1. Качество вод отражали организмы с различной экологической валентностью (β , χ - β , α - χ , α , χ - α , α -сапробы). Доминировали диатомовые.

Зоопланктон реки беден, определено 5 видов коловраток и 2 вида ветвистоусых рачков. Группа веслоногих ракообразных отмечена в копеподной и науплиальной стадии развития. В период максимального развития зоопланктонного сообщества превалировали характерные для чистых вод коловратки.

Динамика среднегодовых значений ИС в 2007-2016 гг. представлена на рисунке 3.4.11. Отмечается многолетний тренд улучшения качества вод с 2008 г. по показателям фитопланктона.

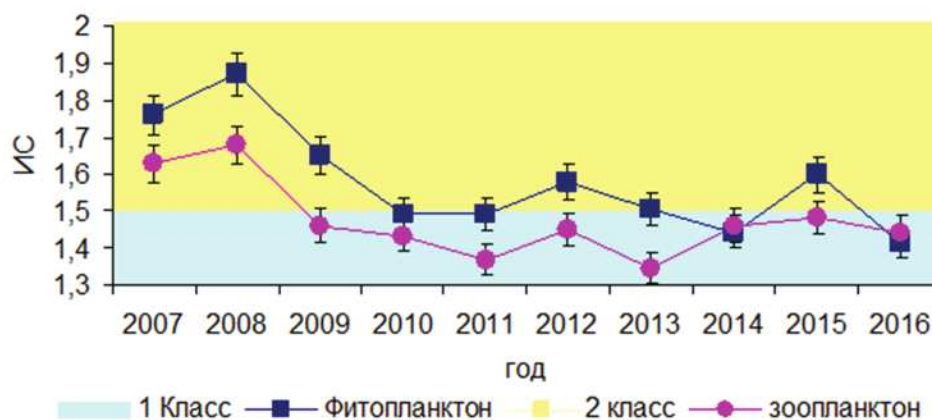


Рис. 3.4.11 Динамика значений ИС в 2007-2016 гг. р. Джида

В составе зообентоса за период наблюдений был зарегистрирован 18 видов. Основу донного сообщества составляли поденки (60%), хирономиды (16%) и ручейники (10%).

Динамика среднегодовых значений БИ в 2007-2016 гг. представлена на рисунке 3.4.12. Отмечено улучшение качества вод по сравнению с 2014 г.

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

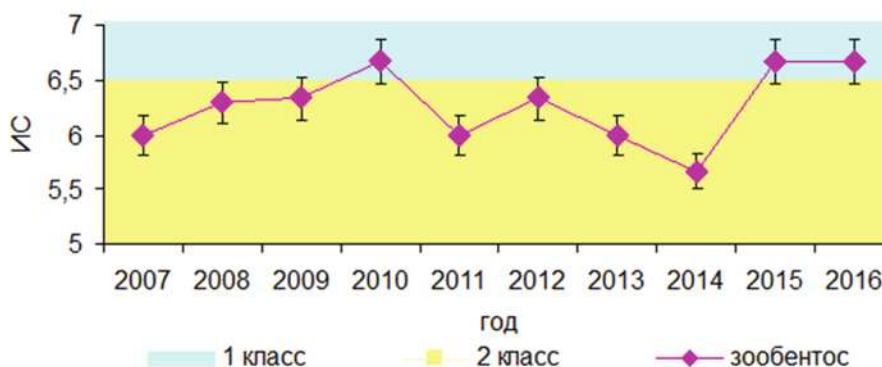


Рис. 3.4.12 Динамика значений БИ в 2009-2016 гг. р. Джиде

Тихоокеанский гидрографический район

Река Чирка. Гидробиологические наблюдения за состоянием экосистемы р. Чирка, протекающей по территории Большехекирского государственного природного заповедника, проводятся с 2015 г. на пункте, расположенном в 61 км от города Хабаровск. Зоопланктон представлен: коловратками – 21%, ветвистоусыми ракообразными – 44%, веслоногими – 35%. Всего определено 8 видов, из них: 2 вида коловраток, 3 вида ветвистоусых и 3 вида веслоногих. На первом створе отобрана одна проба. Определен один вид коловраток, два вида ветвистоусых, один вид веслоногих. Средний ИС – 1,55. На втором створе обнаружено 2 вида коловраток, 3 вида ветвистоусых, 3 вида веслоногих. ИС варьировал от 1,40 до 1,45, что соответствует 1 классу. Средний ИС – 1,43 (в 2015 г. – 1,50).

Зообентос представлен хирономидами – 42%, олигохетами – 9%, двукрылыми – 3%, поденками – 2%, брюхоногими моллюсками – 9%, нематодами – 35%. Всего определено 7 групп. По сравнению с предыдущим годом сменилась доминирующая группа, в этом году доминируют хирономиды, их процентное содержание увеличилось на 32%, а в прошлом году доминировали олигохеты. На первом створе определена 1 группа зообентоса. Класс вод не определен из-за отсутствия видов индикаторов. На втором створе определено 6 таксономических групп. Качество воды соответствовало 4–5 классу. Данных об организованных источниках загрязнения не имеется. Объяснить низкое качество воды по показателям зообентоса нет возможности, так как на этом водотоке наблюдения велись только второй год.

В целом, по сравнению с прошлым годом качество воды в р. Чирка осталось на прежнем уровне.

Река Уркан. Зообентос представлен следующими группами: жуки – 33,3%, полужесткокрылые – 33,3%, жесткокрылые – 33,3%. По сравнению с предыдущим годом не были обнаружены хирономиды, нематоды и брюхоногие моллюски. БИ 1-0, качество воды соответствовало 5 классу. По сравнению с прошлым годом качество воды ухудшилось. В многолетнем аспекте колебания БИ для р. Уркан схожи: в 2009-2011 гг. БИ изменялся в диапазоне 2-6, в 2012 г. БИ 3-6, в 2013 и 2014 гг. 2-6, 2015-2016 гг. 1-2. Колебания БИ соответствуют многолетним наблюдениям и связаны с сезонной изменчивостью фауны водотока.

Экосистема реки находится в состоянии антропогенного экологического и метаболического регресса

Река Гилюй. Зообентос представлен 3 группами (в 2015 г. – 6): жуки – 38%, полужесткокрылые – 12%, жесткокрылые – 50%. Класс качества воды не определен из-за отсутствия индикаторных видов. По сравнению с прошлым годом качество воды осталось на прежнем уровне. Многолетние наблюдения показывают, что качество придонного слоя воды изменяется довольно значительно, в 2009 г. был отмечен преимущественно 5-й класс качества воды, в 2012 г. в разные сезоны изменялся от 3-го к 5-му, а в 2013-2015 гг. стабильно держался на уровне 5-го класса. В 2016 г. класс качества не определен из-за отсутствия видов-индикаторов. Хотя такой разброс и можно объяснить сезонными изменениями – пре-

вращение личинок в имаго, в многолетнем аспекте можно зафиксировать стабильно низкое качество воды, которое соответствует 5-му классу и не имеет тенденции к улучшению. Экосистема реки находится в состоянии антропогенного экологического и метаболического регресса

Река Малая Бира. Определены 4 группы зообентоса: хирономиды – 4%, брюхоногие – 6%, олигохеты – 22%, нематоды – 68%. Наибольшее число групп в пробе – 4. Качество воды ухудшилось по сравнению с предыдущим годом и соответствует 4, 5 классам, с преобладанием 5 класса, БИ – 1-2. Экосистема реки находится в состоянии антропогенного экологического и метаболического регресса.

Река Ивановка. Фауна зоопланктона очень бедна и представлена коловратками, ветвистоусыми ракообразными и веслоногими рачками. ИС во всех пробах – 1,42-1,55. Качество воды соответствует 1-2 классу, с преобладанием 1 класса. За многолетний период наблюдений (2009-2015 гг.) качество воды не изменялось, ИС варьировал в очень незначительных пределах, что объясняется чрезвычайно бедным составом зоопланктона. В 2016 г. намечена тенденция к улучшению качества воды. Экосистема реки находится в состоянии экологического благополучия с элементами экологического напряжения.

Таким образом, в Баренцевском, Балтийском, Карском и Восточно-Сибирском гидрографических районах на всех 9 фоновых участках выбранных водных объектов экосистемы в 2013-2016 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. Джиды бассейна оз Байкал в Карском гидрографическом районе, реки Лена (БЗ «Усть-Ленский») и Копчик-Юреге в Восточно-Сибирском, и р. Ивановка Тихоокеанского гидрографического района.

До 2016 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 метод оценки состояния экосистем по гидробиологическим показателям согласно РД 52.24.309-2016 неприемлем. В связи тем, что низкие температуры в вегетационный период не позволяют формироваться достаточным объемам первичной продукции, развитие зоопланктона крайне замедлено. Фауна макрозообентоса формируется приносимыми с паводковыми водами рек гидробионтами 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 фоновых участков наблюдений в связи с приостановлением деятельности Приморского УГМС. На реках Малая Бира, Гиллюй и Уркан Тихоокеанского гидрографического района отмечается тенденция нарастания 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 наблюдений, в 2016 г. содержание большинства загрязняющих веществ в атмосферном воздухе несколько понизилось. Снижению уровня загрязнения воздуха во многом способствовало преобладание благоприятных для рассеивания метеорологических условий. Неблагоприятное влияние метеорологических условий проявилось в мае и было связано с дефицитом осадков (выпало 57% климатической нормы). В остальное время года основная роль в формировании уровня загрязнения воздуха принадлежала региональному и глобальному переносу.

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

Сульфаты. Среднегодовая фоновая концентрация сульфатов составляла 1,33 мкг/м³ (в 2015 г. – 1,18 мкг/м³). Минимальное содержание сульфатов в атмосферном воздухе зафиксировано в феврале и сентябре: среднемесячные концентрации были ниже 1,0 мкг/м³; максимальное (2,27 мкг/м³) – в январе. Максимальная среднесуточная концентрация сульфатов составляла 8,10 мкг/м³.

Твердые частицы (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль). Среднегодовая фоновая концентрация твердых частиц (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль) составляла 11 мкг/м³ (в 2015г. – 12 мкг/м³). В теплый период года содержание в воздухе твердых частиц было почти в 2 раза выше, чем в холодный период. Существенное увеличение концентраций твердых частиц отмечено в мае. Основная причина – дефицит осадков. Максимальная среднесуточная концентрация 21 мая составляла 66 мкг/м³. Минимальное содержание в воздухе твердых частиц зафиксировано в декабре: в 77% измерений среднесуточные концентрации были ниже 10 мкг/м³.

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 8 мкг/м³ (в 2015г. – 9 мкг/м³). Концентрации ниже этого уровня (0,2 ПДК) отмечены в 46% дней в году. Количество дней со среднесуточными концентрациями выше 25 мкг/м³ (0,5 ПДК) составляло всего 2,7% (в 2014 г. и 2015 г. – 23% и 8%, соответственно). В годовом ходе увеличение содержания в воздухе ТЧ-10, как и твердых частиц (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль), отмечено в мае, существенное снижение – в декабре. В остальное время года среднемесячные концентрации варьировались в диапазоне от 7 мкг/м³ до 10 мкг/м³. Максимальная среднесуточная концентрация ТЧ-10 была около 50 мкг/м³ (уровень ПДК).

Углерода диоксид. Среднегодовая концентрация углерода диоксида (CO₂) составляла 853 мг/м³ и была выше, чем в 2014 – 2015 гг. Как и в предыдущие годы, среднесуточные концентрации варьировались в широком диапазоне: от 593 мг/м³ до 948 мг/м³. Сезонные изменения содержания в воздухе углерода диоксида незначительны: отклонения среднемесячных концентраций по-прежнему не превышали ±5%. По данным непрерывных измерений за последние 9 лет, среднегодовые концентрации диоксида углерода изменялись от 790 до 850 мг/м³ и согласуются с данными зарубежных станций фонового мониторинга.

Приземный озон. По данным непрерывных измерений, среднегодовая фоновая концентрация приземного озона (O_3) составляла 52 мкг/м^3 . В годовом ходе увеличение содержания в воздухе приземного озона отмечено в апреле – мае. Максимальная среднесуточная концентрация 21 мая была почти на уровне ПДК. Минимальные концентрации зафиксированы в январе и октябре – ноябре.

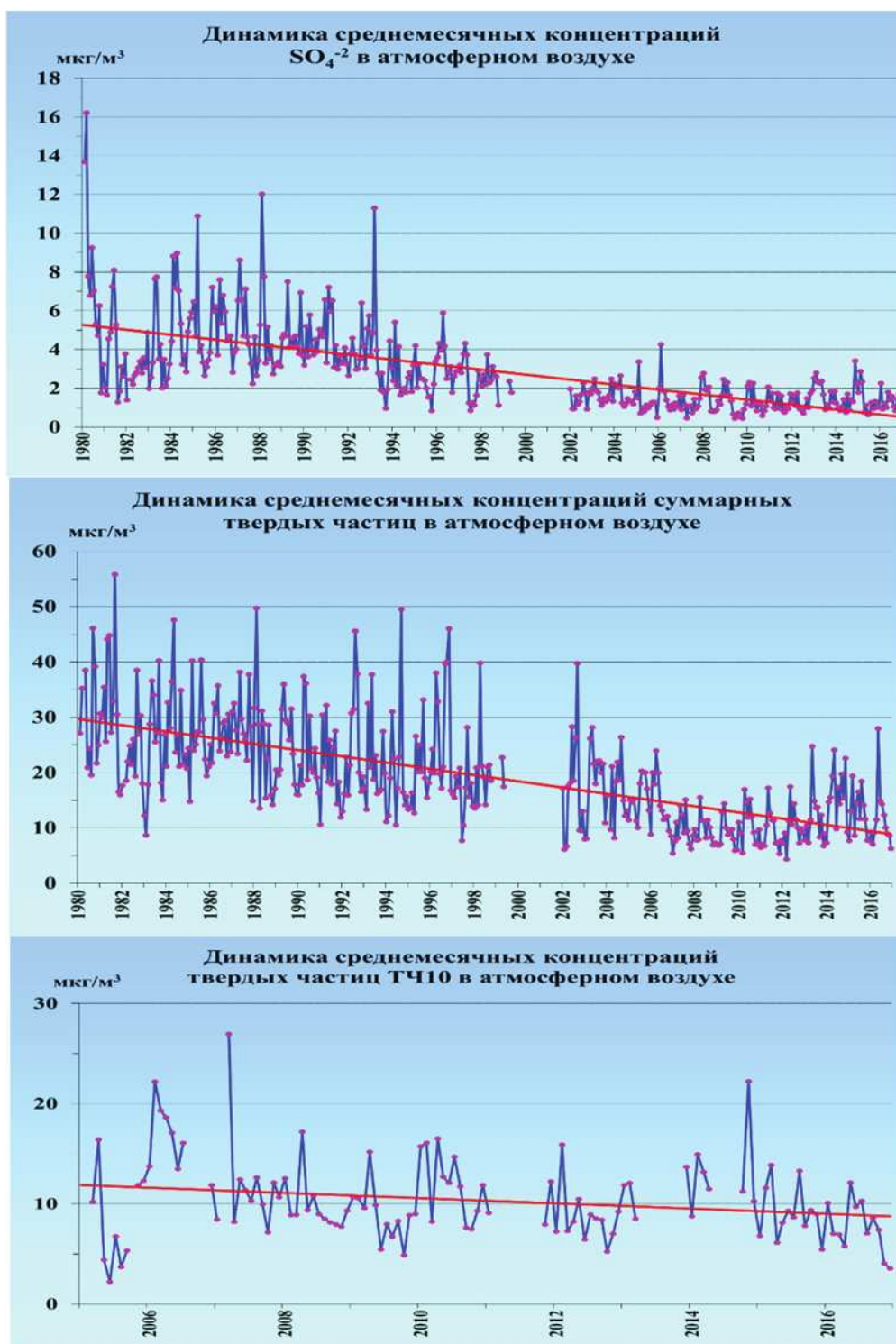


Рис. 4.1. Многолетние изменения фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Березинского БЗ.

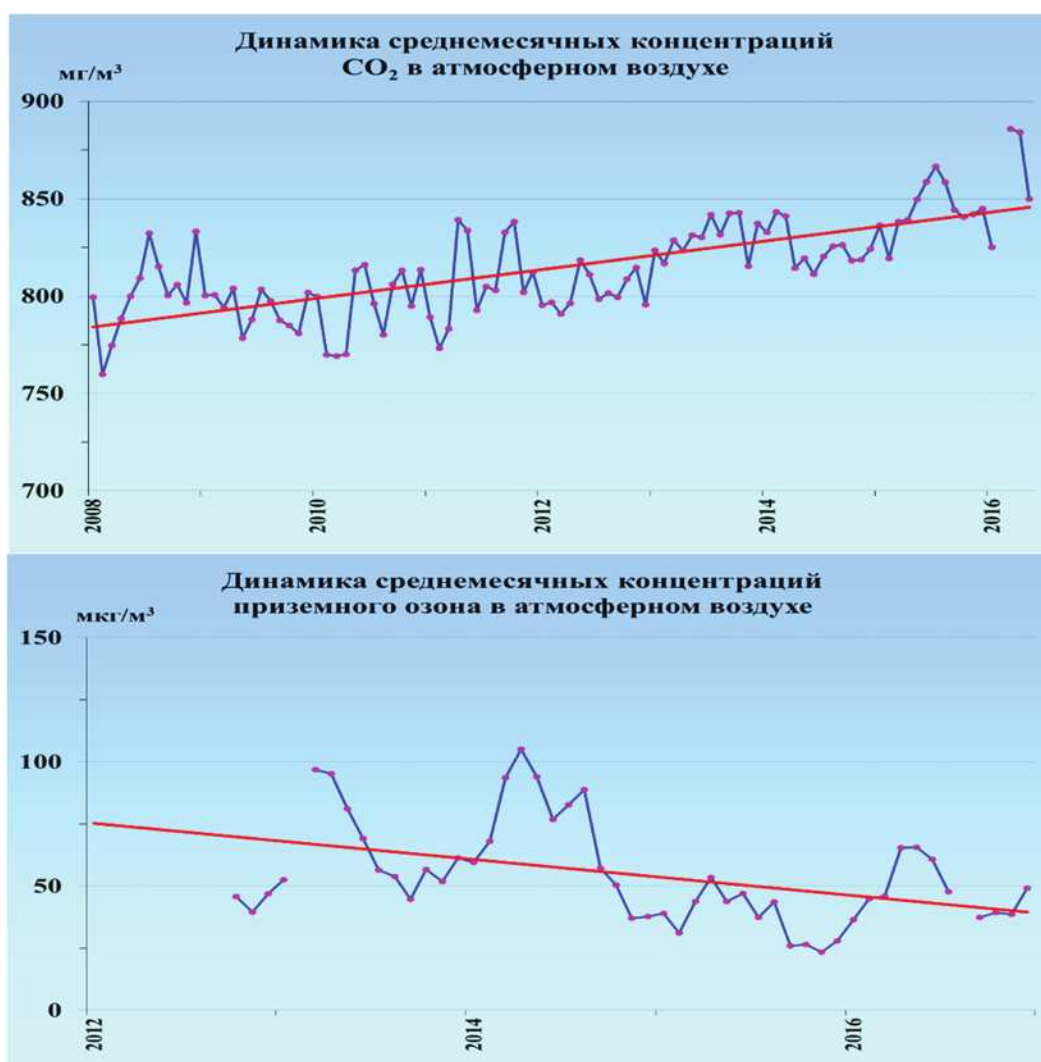


Рис. 4.1. (окончание) Многолетние изменения фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Березинского БЗ.

Атмосферные осадки.

Атмосферные осадки, как твердые, так и жидкие являются чувствительным индикатором загрязнения атмосферы. Мониторинг 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.

Общая минерализация. В 2016 г. величина общей минерализации атмосферных осадков составила $6,2 \text{ мг/дм}^3$ (в 2015г. – $7,8 \text{ мг/дм}^3$). На СФМ Березинский заповедник существенное снижение общей минерализации отмечено в осадках, выпавших осенью в октябре и ноябре. Максимальное значение - зафиксировано в осадках, выпавших в весенние месяцы - марте и мае.

Основные компоненты. В 2016 году доминирующая роль принадлежала гидрокарбонатам. Вклад гидрокарбонатов в общую минерализацию составлял 46%. В отдельные месяцы вклад гидрокарбонатов достигал 60%. Доля нитрат-ион составляла 9%, сульфат-иона - 7%. Максимальное содержание ($7,0 \text{ мг/дм}^3$) гидрокарбонатов в атмосферных осадках отмечено в мае, сульфат-иона ($1,0 \text{ мг/дм}^3$) – феврале, нитрат-иона ($1,7 \text{ мг/дм}^3$) – в январе-феврале.

В 2015 году доминирующее положение занимал. Максимальные концентрации нитрат-иона зафиксированы в феврале-марте.

Доминирующее положение в 2015г. занимали нитрат-ионы и гидрокарбонаты.

Кислотность. Кислотность атмосферных осадков обусловлена распределением вклада основных кислотообразующих ионов (SO_4^{2-} и NO_3^-) и ионов HCO_3^- . Средневзвешенная годовая величина рН атмосферных осадков Березинском БЗ составила 5,95 ед. Кислые атмосферные осадки ($\text{pH} < 5,0$) в 2016г. наблюдались в 12 единичных (суточных) пробах. Минимальное значение рН отмечено в атмосферных осадках, выпавших 10 февраля, составило 4,30 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.

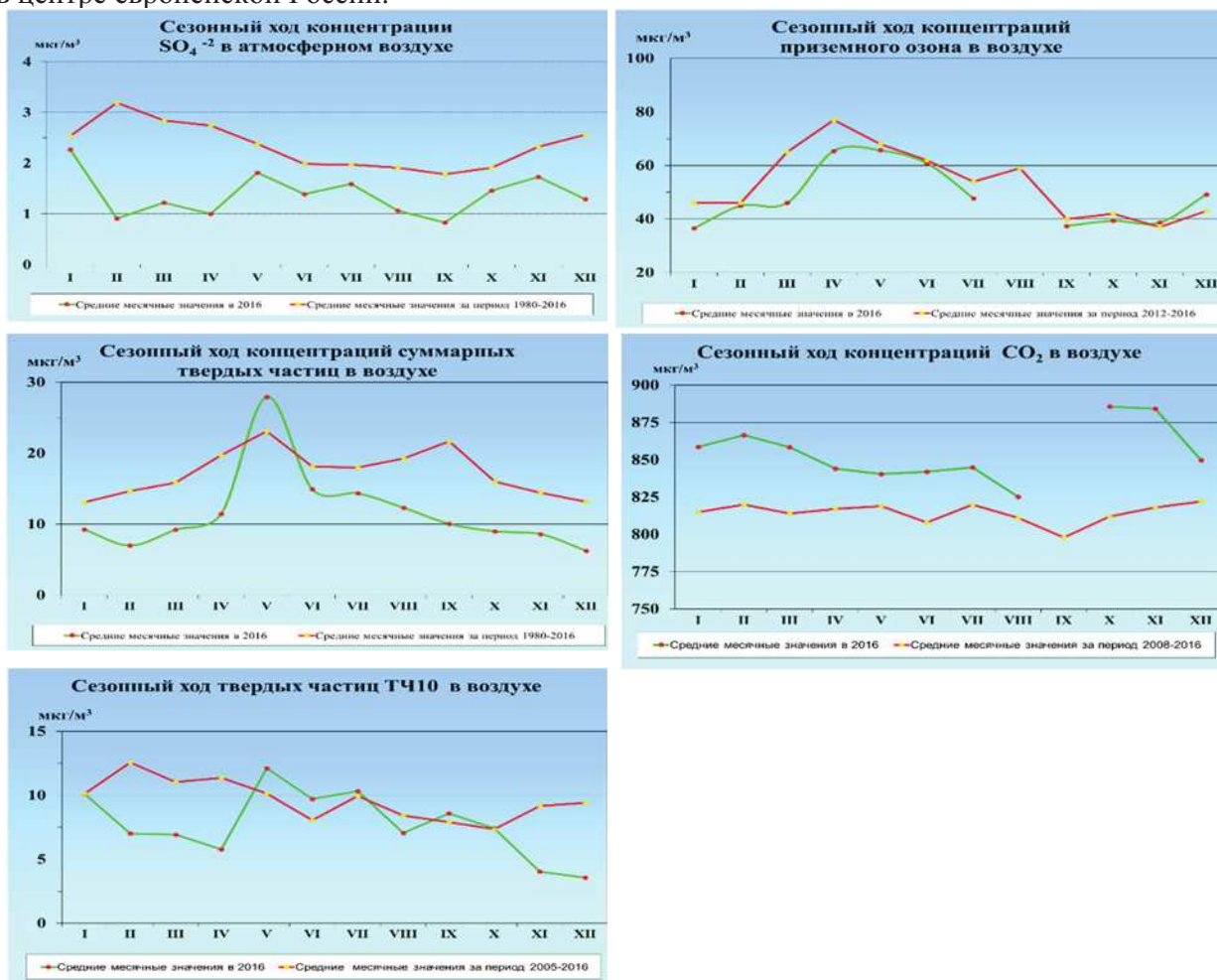


Рис. 4.2. Сезонный ход фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Березинского БЗ.

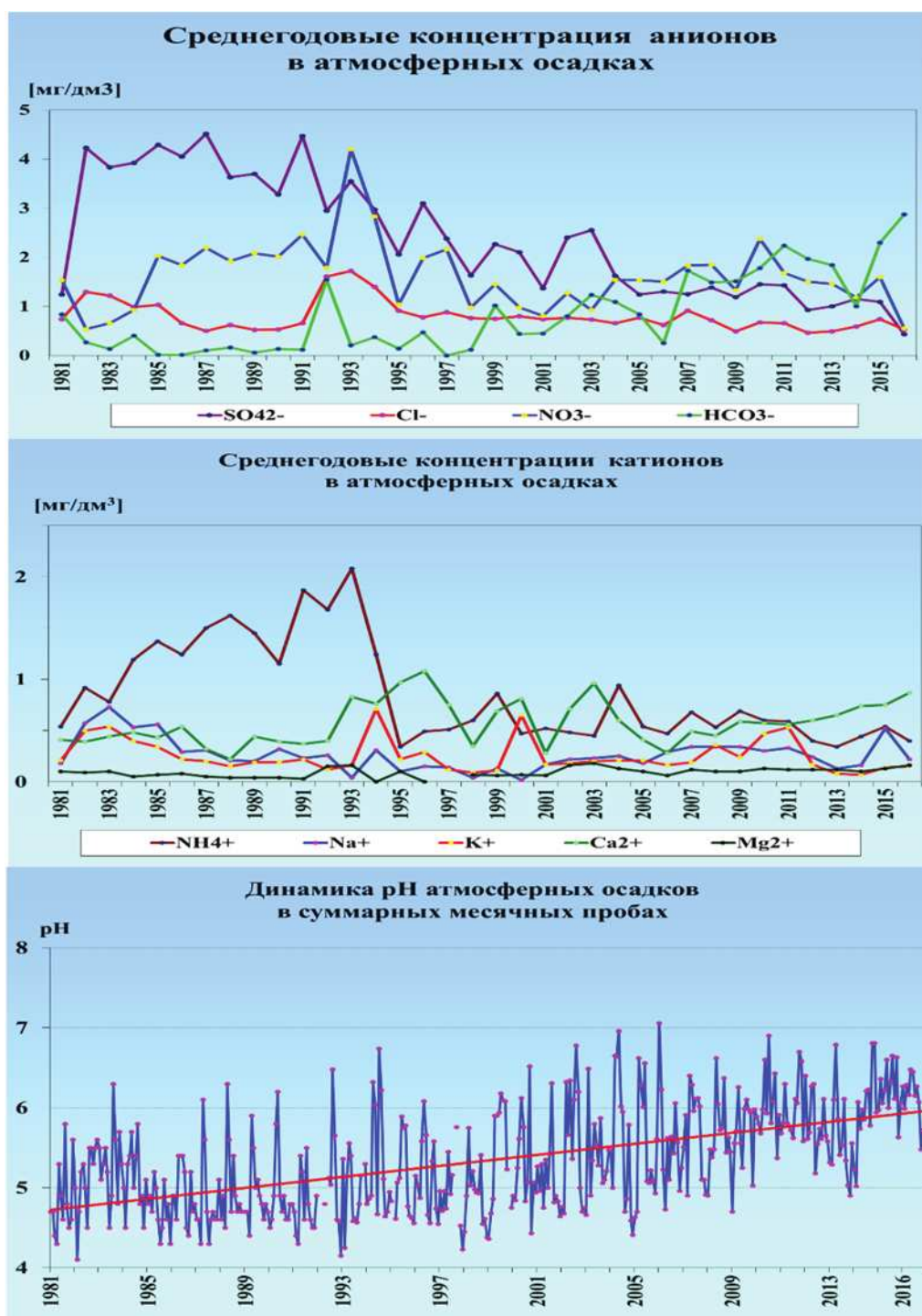


Рис. 4.3. Среднегодовые концентрации основных ионов и динамика pH в атмосферных осадках Березинского БЗ.

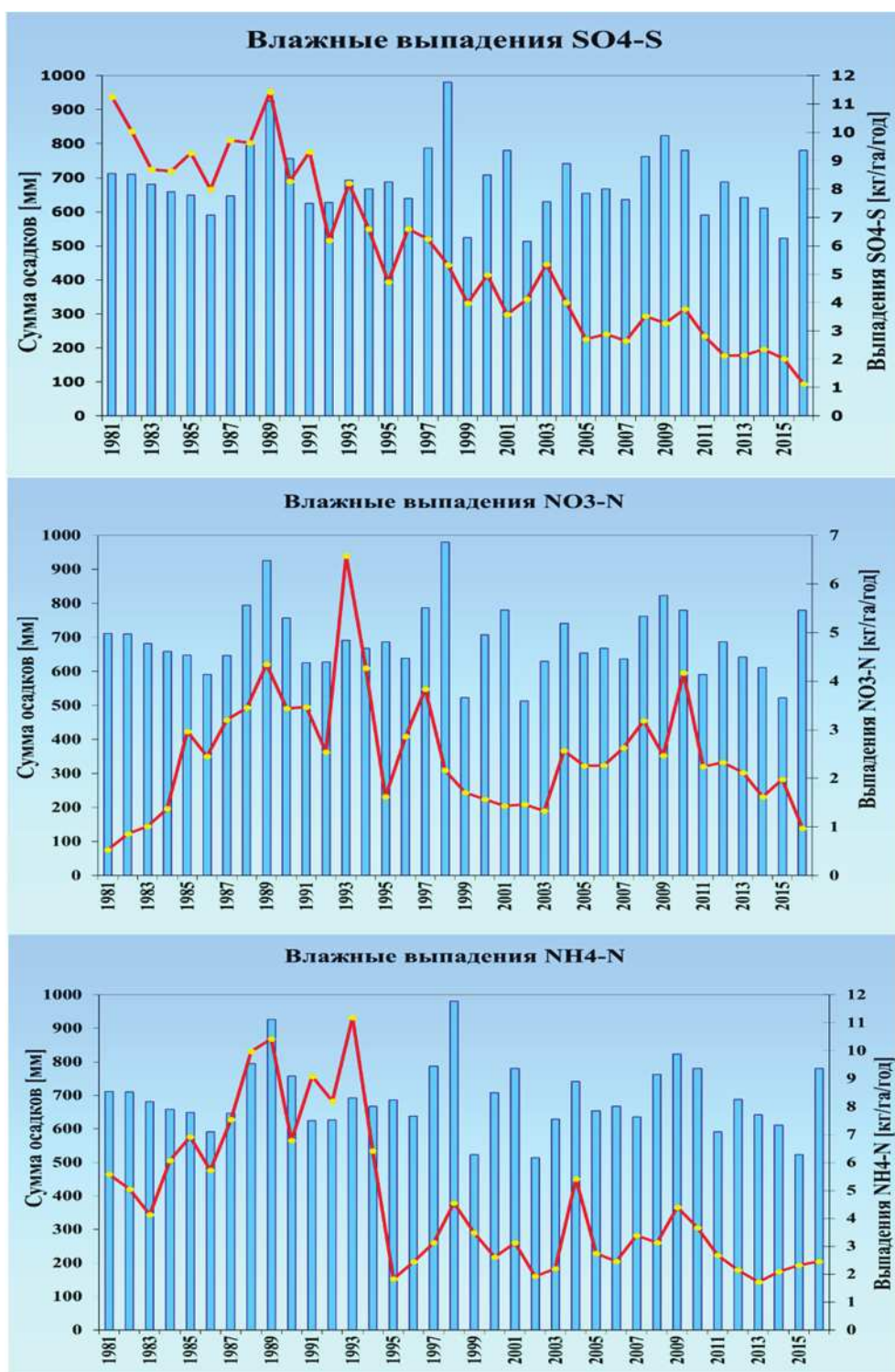


Рис. 4.4. Влажные выпадения соединений серы и азота в районе Березинского БЗ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка тренда фоновых содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и осадках за последние 15-20 лет, включая 2016 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 фоновых загрязнений атмосферы некоторыми загрязняющими веществами.

Превышение концентрации парниковых газов над фоновым уровнем в 2016 г. не выходило за пределы наблюдаемых за многолетний период вариаций. За последний десятилетний период наблюдений на российских фоновых станциях ВМО: Териберка (Кольский полуостров, побережье Баренцева моря) и Тикси (Арктическое побережье моря Лаптевых, залив Сого), которые расположены в условиях, близких к фоновым, концентрации метана возросли на 4,1 %, концентрации диоксида углерода увеличились на 5,4%.

Над всей территорией РФ в 2016 г. средняя за год толщина озонового слоя в 345 Д. е. оказалась ниже нормы (353 Д. е.) менее, чем на 0,3%. В последние полтора десятилетия над умеренными широтами Северного полушария четко выраженных однонаправленных долговременных изменений озонового слоя не происходило.

В 2016 г степень замутнения атмосферы на большинстве станций понизилась относительно многолетней с 30-летней нормы, среднегодовые значения ОПА были понижены по сравнению нормой на шести станциях: Туруханск (-7,3%), Воейково (-10,6%), Курган (-1,4%), Хужир (-10,4%), Иркутск (-12,4%) и Шаджатмаз (-11,0%); повышены - на трех станциях: Усть-Вымь (8,4%), Сыктывкар (2,3%) и Памятное (3,5%). За весь период наблюдений на станциях фонового мониторинга (1973–2016), можно отметить тенденцию к некоторому снижению оптической плотности атмосферы, т.е. к росту прозрачности. Однако на большинстве станций к середине первого десятилетия XXI-ого века прозрачность атмосферы вновь начала уменьшаться и ОПА, соответственно, расти и приближаться к норме.

По сравнению с предшествующим периодом (2010 – 2015 гг.) в 2016 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 2016 г. абсолютно минимальные значения минерализации осадков были определены в осадках Приокско-Террасного БЗ – 4,4 мг/л, абсолютно максимальные — в осадках на станции Приморская (12,8 мг/л). Диапазон изменения среднегодовой величины рН, рассчитанной на основе среднемесячных значений, находится в пределах от 5,4 до 6,3. На всех станциях, расположенных на ЕТР, величина суммарных влажных выпадений в 2 раза выше, чем на АТР. На всех станциях, за исключением Воронежского БЗ, сохранилось преобладание выпадений азота аммиачного над азотом нитратным в соотношении примерно от 1,2 до 2,8. Величина выпадения серы сульфатной примерно в 1,5 раза превышала величину выпадения суммарного азота на АТР и составила около половины от значения суммарного выпадения азота на ЕТР.

На российских станциях ЕМЕП величины влажных выпадений для районов станций составляли в 2016 г.: серы 0,23 – 0,35 г/м² в год и азота 0,28 – 0,45 г/м² в год. Для всех станций ЕМЕП количество влажных выпадений серы и азота в зимний период существенно ниже, чем в летний. Доля аммонийного азота составила около 60% от суммарного влажного выпадения азота. При относительно большой вариации годовых значений можно отметить прак-

тически отсутствие направленного уменьшения сумм влажных выпадений за период действия Гетеборгского протокола (подписан в 1999 г.) с незначимыми характеристиками линейного тренда.

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 г. содержание в атмосфере аэрозолей серо- и азотсодержащих веществ понизилось в сравнении с 2013 годом за исключением диоксида серы, содержание которого растет последние два года и приблизилось к уровню 2013 года. Содержание приземного озона на станции Монды статистически значимо убывает и за 15 лет уменьшилось более чем на 10 млрд⁻¹ при среднем уровне около 40 млрд⁻¹. 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.

По результатам обследования в 2011-2016 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.

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

По программе МСП КМ определены межгодовые изменения жизненного состояния хвойных древостоев на территориях с минимальным возможным негативным воздействием антропогенных факторов. Эти изменения происходят синхронно и однонаправленно у сосны и ели. Коэффициент корреляции для депигментации сосны и ели составляет 0,86, а для дефолиации – более 0,9.

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 2001-2016 гг. свидетельствует об ухудшении качества воды на фоновых створах от «условно чистой» до «слабо загрязненной» в бассейне Дона (р. Ворона, в черте г. Уварово); Карского моря (р. Сарма – приток Байкала). В многолетнем плане стабилизировалось на уровне «слабо загрязненная» качество воды р. Лена, р.п. Качуг, г. Усть-Кут; в бассейне Тихого океана: р. Рогатка, выше г. Южно-Сахалинск; р. Правда, выше п. Правда; р. Камчатка, с. Пушино.

В целом по результатам фоновых наблюдений за содержанием химических веществ в поверхностных водах в районах станций сети ЕАNET, в последний год наблюдалось увеличение содержания основных ионов (SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , Ca^{2+}) и кислотности для р. Комаровка (Приморье). Для р. Переемная уровни основных ионов в течение последних 9 лет в целом сохраняются стабильными.

В Баренцевском, Балтийском, Карском и Восточно-Сибирском гидрографических районах на всех 9 фоновых участках выбранных водных объектов экосистемы в 2013-2016 гг. оставались стабильны. Состояние экологического благополучия характерно для 10 фоновых участков в Баренцевском, Каспийском, Восточно-Сибирском и Тихоокеанском гидрографических районах.

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
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

СОДЕРЖАНИЕ

		стр.
	ПРЕДИСЛОВИЕ (В.И.Егоров)	3
	ВВЕДЕНИЕ (Ю.А.Буйволов)	4
1	АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ И ОСАДКИ	7
	1.1. Фоновое содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (С.Г.Парамонов, М.И.Афанасьев, Л.В.Бурцева, Б.В.Пастухов, Е.С. Конькова, Б.А.Латышев)	7
	1.2. Физические и химические характеристики атмосферы (Е.Н.Русина, В.К.Боброва, А.М. Звягинцев, Н.С. Иванова, Н.Н.Парамонова, В.И.Привалов, В.М. Иванов, Л.Г.Соколенко, Б.Г.Зайнетдинов, И.Б.Попов, М.И. Афанасьев, С.Г.Парамонов, А.М.Шаламянский, К.И. Ромашкина, К.Г. Павлова)	12
	1.3. Химический состав атмосферных осадков	28
	1.3.1. Загрязняющие вещества в атмосферных осадках (С.Г.Парамонов, М.И.Афанасьев, Л.В.Бурцева, Б.В.Пастухов, Е.С. Конькова, Б.А.Латышев)	28
	1.3.2. Фоновый уровень ионного состава атмосферных осадков (Свистов П.Ф., Павлова М.Т., Першина Н.А., Полищук А.И., Семенец Е.С.)	31
	1.4. Загрязнение воздуха и осадков соединениями серы и азота по данным станций мониторинга ЕАНЕТ (Громов С.А., Трифонова-Яковлева А.М., Бунина Н.А., Жигачева Е.С., Ходжер Т.В., Голобокова Л.П., Нецветаева О.Г., Оболкин В.А., Потемкин В.Л.)	37
	1.5. Выпадения серы и азота в результате трансграничного переноса загрязняющих веществ (И.М.Брускина, А.Г.Рябошапка, С.А.Громов)	40
2.	ПОЧВА И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ	43
	2.1. Фоновое содержание загрязняющих веществ в почвах и растительности биосферных заповедников по данным сети станций комплексного фонового мониторинга (Т.А.Парамонова, С.Г.Парамонов, Л.В.Бурцева, М.А.Афанасьев, Б.В. Пастухов, Е.А. Позднякова, М.А.Которова)	43
	2.2. Содержание загрязняющих веществ в почвах по результатам наблюдательной сети Росгидромета (Л.В. Сатаева, Г.Е.Подвизникова)	48
	2.3. Оценка состояния хвойных древостоев методом Международной совместной программы комплексного мониторинга (Е.А. Позднякова, А.А. Волков, Г.Л. Волкова, А.Е. Кухта.)	52
3.	ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ	55
	3.1. Фоновые уровни загрязняющих веществ по данным сети СКФМ (М.И.Афанасьев, Л.В.Бурцева, С.Г.Парамонов)	55
	3.2. Состояние, тенденции и динамика изменения фонового состояния поверхностных вод Российской Федерации. Данные станций гидрохимических наблюдений (Минина Л.И., Лобченко Е.Е., Ничипорова И.П., Емельянова В.П., Лямперт Н.А., Первышева О.А., Лавренко Н.Ю., Чернова Т.В., Листопадова Н.Н.)	57
	3.3. Содержание основных кислотообразующих веществ в поверхностных водах на станциях мониторинга ЕАНЕТ (С.А. Громов, Е.С. Конькова, Л.М. Сорокикова, И.В. Томберг, Т.В. Ходжер, Е.С. Жигачева)	63
	3.4. Фоновое состояние пресноводных экосистем по гидробиологическим показателям (О.М. Потютко, Ю.А. Буйволов)	70
4	МНОГОЛЕТНЕЕ СОСТОЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ СРЕД НА СТАНЦИЯХ СКФМ СНГ (А.В.Срыбный, С.Г.Парамонов)	80
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ (С.Г.Парамонов)	86
	Список сокращений	88

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